

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

LETECKÝ ÚSTAV
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING



ZVYŠOVÁNÍ BEZPEČNOSTI A VÝKONNOSTI
NAVIGACE DOPRAVNÍCH LETADEL PO TRATI LETU
COMMERCIAL AIRCRAFT TRACK NAVIGATION SAFETY & PERFORMANCE ENHANCEMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE:
AUTHOR

Bc. ALEŠ OHAREK

VEDOUCÍ PRÁCE:
SUPERVISOR

doc. Ing. SLAVOMÍR VOSECKÝ, CSc.

BRNO 2009

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO
uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Aleš Oharek
Bytem: Špitálská 738, Slavkov u Brna, 684 01
Narozen/a (datum a místo): 22.04.1982 ve Vyškově
(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta
se sídlem
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
.....
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1
Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- ☐ disertační práce
 - ☐ diplomová práce
 - ☐ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:	Zvyšování bezpečnosti a výkonnosti navigace dopravních letadel po trati letu
Vedoucí/ školitel VŠKP:	doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.
Ústav:	Letecký ústav
Datum obhajoby VŠKP:	

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- ☐ tištěné formě – počet exemplářů
- ☐ elektronické formě – počet exemplářů

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

ABSTRAKT:

Diplomová práce se zabývá jednak popisem stavu letecké dopravy a to zejména co se týče její bezpečnosti, plynulosti, kapacity a možností navigačních zařízení. Výše uvedené je poté zhodnoceno v části věnující se budoucímu rozvoji vzdušného prostoru v jednotlivých fázích letu.

ABSTRACT:

Thesis presents description of the air traffic safety, efficiency, capacity and preferences of navigation equipment. Those aspect are further used to suggestion of future advancement airspace, which occur during almost all phases of the flight.

KLÍČOVÁ SLOVA:

ATM, ATC, ECAC, ICAO, bezpečnost, kapacita, zpoždění, uspořádání a řízení toku letového provozu, EUROCONTROL, vzdušný prostor, klasifikace, ECAC strategie vzdušného prostoru, Koncepce vzdušného prostoru do 2015, separace, Navigační aplikace, Strategie navigačních zařízení pro ECAC oblast do roku 2020.

KEYWORDS:

ATM, ATC, ECAC, ICAO, safety, capacity, delay, air traffic/airspace flow and capacity management, EUROCONTROL, airspace, classification, The ECAC airspace strategy, The 2015 Airspace concept, separation, Navigation application, Navaid infrastructure strategy for the ECAC area up to 2020.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCE:

OHAREK, A. *Zvyšování bezpečnosti a výkonnosti navigace dopravních letadel po trati letu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 78 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Slavomír Vosecký, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce, a že jsem celou diplomovou práci, vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

Brno, 23.dubna 2009

.....

Název: Zvyšování bezpečnosti a výkonnosti navigace dopravních letadel po trati letu

Řešení zadaných cílů mé diplomové práce jsem rozdělil do základních kapitol podle zadaných cílů protože se mi toto rozdělení zdálo nejvíce vhodné.

Cíle diplomové práce:

- Definovat současné metody navigace po trati letu.
- Definovat doporučení ICAO a EUROCONTROL týkající se navigace pro další období.
- Objasnit současné i rozvíjející se technické možnosti řešení úkolu.
- Charakterizovat nejpravděpodobnější směry a časové horizonty rozvoje metod navigace po trati.

Obsah:

0. Úvod	10
1. Současné metody navigace po trati letu	
1.1. Rádiové systémy blízké navigace	11
1.1.1 ADF	11
1.1.2 VOR/DME	12
1.1.3 DME/DME	13
1.1.4 TACAN	13
1.2. Rádiové systémy dálkové navigace	
1.2.1 DECCA	14
1.2.2 OMEGA	15
1.2.3 LORAN (provoz byl ukončen v roce 1997.)	17
1.3. Družicové navigační systémy	
1.3.1 NAVSTAR GPS	19
1.3.2 GALILEO a Egnos	22
1.3.3 Compass	23
1.3.4 GLONASS	26
1.4. Přibližovací a přistávací systémy	
1.4.1 ILS/IRS	27
1.4.2 MLS	29
1.5. Inerční navigační systémy	
1.5.1) INS/IRS	30
2. Doporučení ICAO a EUROCONTROL týkající se navigace pro další období	
2.1 Doporučení ICAO	34
2.2 Doporučení EUROCONTROL	34
2.3 Doporučení ECAC	40
3. Současné i rozvíjející se technické možnosti navigace	
3.1 Systém RNAV	43
3.2 DGPS	50
3.3 Galileo a Egnos	51
3.4 Projekt SESAR	52
3.5 Multilateration a ADS-B	55
3.6 INS zařízení s laserovými gyroskopy	57
3.7 MLS	57

4. Nejpravděpodobnější směry a časové horizonty rozvoje metod navigace po trati letu

4.1	Nejpravděpodobnější směry rozvoje	
4.1.1	Strategické kroky navigační strategie	58
4.1.2	Strategické kroky infrastruktury navigačních zařízení	63
4.1.3	Kroky infrastruktury navigačních zařízení podporující navigační aplikace	64
4.2	Časové horizonty rozvoje	64

5. Závěr	68
-----------------	----

6. Seznam použité literatury	70
-------------------------------------	----

7. Seznam použitých zkratk	71
-----------------------------------	----

8. Definice	76
--------------------	----

9. Přílohy	77
-------------------	----

0. Úvod

V literatuře [6] je uvedeno, že současný nárůst poptávky po letecké dopravě značně přetěžuje kapacitu infrastruktury. Dále je uvedena informace, že se každý den provozuje cca 28 000 letů pomocí provozovaných 4 700 obchodních letadel.

Uspořádání letového provozu (ATM) je na hranici současných možností.

Roztříštěnost uspořádání letového provozu brání optimálnímu využívání kapacity a představuje pro letectví zbytečnou časovou a finanční zátěž. Spolu s narůstajícím provozem vzniká potřeba zvýšit bezpečnostní požadavky leteckého provozu.

Z toho plyne, že zvyšování bezpečnosti navigace je prvořadým cílem letectví. Proto pro tuto oblast byla vytvořena Evropská mezinárodní organizace pro bezpečnost leteckého provozu EUROCONTROL. Aby bylo dosaženo zvýšení bezpečnosti leteckého provozu, je nutné zvýšit přesnost a výkonnost navigace dopravních letadel od zahájení pojiždění pro vzlet až do ukončení pojiždění po přistání (*gate-to-gate*). Tato oblast navigace je přesně definována v doporučeních mezinárodní organizace pro civilní letectví ICAO.

Hlavním cílem diplomové práce má být stručný popis a seznámení se současnými metodami navigace po trati letu. Jedná se o metody a prostředky obecné navigace a radionavigace, V první kapitole popíši současné metody navigace po trati letu a sledování technického stavu a bezpečnosti na dopravních cestách. V této kapitole budou obsaženy všechny aplikace technických systémů které sledují a ovlivňují provoz a bezpečnost na letových cestách, bude se jednat hlavně o diagnostická zařízení, zařízení a informační systémy stavu letové cesty.

Dalším cílem je obsahové seznámení se současnými doporučeními vydaných mezinárodní organizací pro civilní letectví-ICAO jakož i s doporučeními vydaných Evropskou organizací pro bezpečnost leteckého provozu-EUROCONTROL, popisují zde doporučení mezinárodní organizace pro civilní letectví ICAO a evropskou organizací pro bezpečnost leteckého provozu EUROCONTROL pro danou oblast navigace. Včetně doporučení evropské konference pro civilní letectví ECAC a evropské agentury pro bezpečnost letectví EASA.

Následujícím cílem je ideový popis řešení současných technických možností zvyšování bezpečnosti a výkonnosti navigace včetně návaznosti na nové technické možnosti. Družicové navigační systémy v blízké budoucnosti nahradí většinu dosavadních navigačních systémů.

Závěrečným cílem této práce je nastínit, jakými směry a v jakém časovém období se předpokládá, že bude docíleno zvýšení bezpečnosti a výkonnosti navigace.

Jako nejpravděpodobnější se jeví využití GNSS systémů které umožní lety po zvolených tratích přímo na palubě a nezávislosti tak na pozemních prostředcích sloužících pro definování tratě letu. Jelikož téma mé diplomové práce je velmi široce obsáhlé a zahrnuje informace z mnoha oblastí letectví rozhodl jsem se ho zpracovat raději v některých kapitolách podrobněji, zdůvodu možnosti využití jako studijní pomůcka pro studenty leteckého ústavu na dané téma bezpečnosti a výkonnosti a samozřejmě i popis některých konkrétních prostředků navigace.

1. Současné metody navigace po trati letu

Úvod:

Účelem navigačních zařízení a systémů je umožnit určení polohy letadla a zajistit mu tak bezpečný rozestup od ostatního provozu. Princip radionavigačních systémů je obecně založen na zaměření a určení polohy letadla vzhledem k vysílači nebo vysílačům, v případě zemských zařízení k vysílačům pozemního zařízení. Pro další zpřesnění polohových údajů slouží rovněž přesné inerciální navigační systémy pracující na principu mechanických nebo laserových setrvačníků a také satelitní systémy.

1.1. Rádiové systémy blízké navigace

1.1.1. ADF

Charakteristika systému :

ADF je závislé radionavigační zařízení, které automaticky ukazuje kursový úhel radiostanice (Pozemního zařízení NDB (Non-Directional Beacon)).

Princip činnosti a základní části :

Základem měření úhlu je rámová anténa s nesměrovou anténou.

Rámová anténa má osmičkovou vyzařovací charakteristiku. Maximum indukovaného napětí na svorkách antény se docílí je-li plocha rámu natočena směrem k vysílači, minimum stojí-li plocha rámu kolmo ke směru k vysílači.

Rámovou anténou se zaměřuje tak, že se s ní otáčí okolo svislé osy tak dlouho, až se zjistí minimální příjem. V okolí minima je stoupání průběhu indukovaného napětí největší. Přidáním všesměrové antény se vyloučí dvojznačnost přijímaného signálu. Složená charakteristika rámové a všesměrové antény dává takzvanou srdcovku, s jejíž pomocí lze určit úhel radiostanice.

Dříve byly rámové antény otáčející se a údaj o směru se na přístroj přenášel mechanicky v závislosti na poloze antény. Dnes se užívají pevné antény se dvěma zkříženými rámy, z nichž je veden signál do induktivního goniometru umístěného v bloku radiokompasu. Signály z antén vytvoří ve statoru goniometru elektromagnetické pole, které odpovídá poli indukovanému v anténě. Rotor řízený servomechanismem automatického zaměřování, hledá v poli goniometru minimum signálu.

Palubní systém ADF pracuje na nízkých a středních frekvencích a je schopen využívat pozemních vysílačů NDB (non-directional beacon) a některých běžných komerčních radiostanic. Uvnitř přístroje ADF je amplitudově modulované rádio jenž je schopno operovat na frekvencích od 150 do 1800 kHz. Na tomto rádiu naladíme frekvenci vysílače na který chceme být naváděni.

1.1.2. VOR/DME

Charakteristika systému :

Navigační systém z roku 1946 z USA, které ICAO přijalo v roce 1949. Je to zařízení pro navigaci na krátké vzdálenosti (maximálně do 300 až 400 km od zařízení). Pozemní zařízení tvoří všesměrový maják vytyčující tratě jako radiály ve všech směrech vůči majáku. Vysílá směrovou informaci. Palubní zařízení měří radiál na kterém se letadlo nachází, jinými slovy vyhodnocuje informaci jako azimut polohy letadla vůči majáku. Vysílače VOR pracují v pásmu 108-117,975 MHz s kanálovou roztečí 50 KHz, přitom v pásmu 108-111,975 MHz pouze na jmenovitých kmitočtech, které mají na místě desetin MHz sudou číslici. Vysílač vysílá nepřerušovanou nosnou vlnu, na níž je modulována směrová informace, identifikační značka a u některých systémů i jednosměrná hovorová sdělení země – letadlo.

Možnosti kategorie systému RNAV založených na VOR/DME jsou proměnné v širokém spektru. Nejjednodušší jsou systémy, ve kterých se používá posunutí polohy VOR/DME. V systému RNAV tohoto typu počítač automaticky posune vybrané zařízení VOR/DME (ve vzdálenosti i úhlu, vypočteným a určeným operátorem) do následujícího bodu trati. V tom případě navedení letadla se uskutečňuje na VOR posunutém do daného traťového bodu. Na přesnost tohoto zařízení má vliv stanovený provozní prostor a omezení charakteristik vybraného zařízení a také libovolné další chyby, patřící k danému systému. Pro získání povolení na provoz takového vybavení RNAV, musí mít možnost zadávat minimálně tři použité body tratě. Toto zařízení RNAV se používá pro lety na ATS tratích v rámci prostoru činnosti VOR/DME.

Princip činnosti :

Směrová informace je uložena ve fázovém vztahu dvou modulačních složek 30 Hz. První složka referenční signál se u standardního typu majáku VOR vysílá všesměrově jako nosná vlna, amplitudově modulovaná pomocným nosným kmitočtem 9960 Hz s hloubkou modulace 30%. Pomocný nosný kmitočet je kmitočtově modulován navigačním tónem 30 Hz s kmitočtovým zdvihem 480 Hz. Po amplitudové a kmitočtové detekci na palubním přijímači je výsledkem navigační „referenční“ tón 30 Hz, jehož fáze nezávisí na poloze letadla vůči anténě. Druhou složkou je proměnný (variační) signál amplitudově modulovaný na nosnou vlnu, vysílaný v osmičkovém vyzařovacím diagramu, který se otáčí rychlostí 30 otáček/sekundu a vytváří s nesměrově vysílaným referenčním signálem otáčející se srdcovku. Otáčení je synchronizováno s referenčním navigačním tónem 30 Hz tak, že ve směru sever je fázový posun mezi proměnným a referenčním tónem 0E, ve smyslu zeměpisné růžice, to znamená ve smyslu východ, jih, západ, sever se zvětšuje fázový posuv proměnné složky vůči složce referenční. Rozdíl fáze je závislý na poloze letadla v prostoru, jednomu stupni fázového rozdílu odpovídá jeden stupeň zeměpisný a maják dává přímý kurz „k“ nebo „od“ pozemního stanoviště nezávisle na směru podélné osy letadla. Polarizace radarových vln vyzařovaných majákem VOR je horizontální. Identifikace se provádí dvěma nebo třemi písmeny Morseovy abecedy, vysílanými modulací A2, kmitočtem 1020 Hz.

DME – Dálkoměr :

Dálkoměr měří šikmou vzdálenost letadla od pozemního majáku. Soustavu tvoří palubní zařízení – dotazovač a pozemní maják – odpovídač. Dotazovač vysílá na své vlně dvojice definovaných impulsů s daným intervalem mezi impulsy. Signál přijme přijímač pozemního odpovídače, a vyšle je časově posunutě zpět na své nosné vlně. Signál zachytí palubní přijímač, dekoduje jej a je-li správnou odpovědí, provede vyhodnocení vzdálenosti ze zpoždění, které vznikne mezi vysláním impulsů a přijetím odpovědi.

Základní části :

Pozemní zařízení tvoří všesměrový maják vytyčující trati jako radiály ve všech směrech vůči majáku. Vysílá směrovou informaci. Palubní zařízení měří radiál na kterém se letadlo nachází, jinými slovy vyhodnocuje informaci jako azimut polohy letadla vůči majáku.

Spolehlivost, přesnost a chyby :

Přesnost vysílání směrové informace z pozemního zařízení je v elevačním úhlu 0° až 40° od majáku, ve všech směrech. Dosah vysílače je omezen radiovým obzorem a navíc překážkami. Při letech v menších výškách je třeba počítat se ztrátou signálu. Pro výšku letu 5 000 m se předpokládá spolehlivý dosah 160 km. Výkon vysílače bývá 100 W. Minimální intenzita elektromagnetického pole podle vysílače pro dobrý příjem je $90\mu\text{V/m}$. Dosah při výkonu vysílače 200 W je do vzdálenosti asi 370 km ve výškách rádiové viditelnosti do 40° .

1.1.3. DME/DME**Charakteristika systému :**

V současné době nejpřesnější metodou získání informace pro vybavení RNAV a systém řízení letu v rámci kontinentálního prostoru je použití signálů od několika stanic DME. Přitom pro stanovení polohy se musí použít minimálně dvě, vhodným způsobem rozmístěné stanice. Kvalita informace o poloze závisí na vzájemné poloze DME a jejich vzdálenosti od letadla a proto se do systému bude zavádět doplňkový program, který umožní použít kombinace dalších prostředků.

DME/DME je systém zajišťující navigační informaci z měření vzdáleností ke dvěma předem definovaným odpovídačům DME. Tato metoda má finančně a technologicky náročný přijímač a je tudíž využívána především u větších letadel s FMS jako jeho součást. Umožňuje navigaci použitelnou s GPS a spolu s ní je systémem s jehož využitím a vývojem se počítá, neboť jsou na delší tratě jediné zajišťující přesnost stupně P-RNAV. DME pracuje v kmitočtovém pásmu 962 – 1213 MHz a má 252 kanálů.

1.1.4. Systém TACAN**Charakteristika systému :**

Systém TACAN (Tactical Navigation System) sdružuje dálkoměrný systém DME, a systém úhloměrný. Je používán především vojenským letectvem západních států.

Pracuje v pásmu 960 - 1215 MHz. Přestože přenos mezi majákem a palubním zařízením je impulsový, lze TACAN zařadit spíše k systémům se spojitými úhlově závislými signály, ty se totiž z impulsů odvodí.

Pozemní maják má speciální rotující anténu. Anténa (a tedy i směrová charakteristika) se otáčí rychlostí 15 otáček za sekundu. Maják vysílá impulsy (několik tisíc za sekundu), z nichž část jsou tzv. odpovědi na dotazy z letadlových palubních zařízení dálkoměrného systému DME (přicházejí nepravidelně), část jsou speciální pravidelně vysílané impulsy. Velikost všech impulsů přijímaných v daném místě ovlivňuje rotující směrová charakteristika - impulsy jsou amplitudově modulovány. Amplitudová modulace obsahuje dvě hlavní složky :

- složku 15 Hz danou výstředností směrové charakteristiky
- složku 135 Hz danou devíti laloky směrové charakteristiky.

Dálkoměrná část systému TACAN odpovídá standardizovanému systému DME, zatímco úhloměrná část standardizována v rámci ICAO nebyla. Snaha využít dálkoměrné části TACANu i pro civilní dopravu a zajistit také informaci úhlovou, vedla ke sdružené instalaci majáků TACAN a VOR, známé pod názvem VORTAC (VOR and TACAN Combination).

1.2.1 HYPERBOLICKÝ NAVIGAČNÍ SYSTÉM DECCA

Charakteristika systému :

Systém DECCA je hyperbolický navigační systém, který byl zřízen ve Velké Británii na konci druhé světové války a později používán na mnoha místech světa.

Pracuje na principu měření rozdílu (posunu) fáze kontinuálních signálů z hlavní a vedlejší vysílací stanice. Rozdíly jsou pak přeneseny do mapy interpolací mezi hyperbolami (v hyperbolickém pásmu) vepsaného na mapě. S použitím údajů ze dvou párů hyperbol může uživatel v jakémkoliv okamžiku zakreslit svoji polohu do mapy.

Princip činnosti :

Systém používá skupiny tří nejbližších pobřežních vysílacích majáků nazývaných CHAIN (řetěz) a pracuje v pásmu 70 - 130 kHz. Řetěz DECCA se běžně skládá z hlavního majáku, řídicí fáze, a tří vedlejších, které jsou umístěny po 120° ve vzdálenosti 60 až 100 mil od hlavního majáku.

Tento systém poskytuje všestranný přehled. Protože povrchové vlny tohoto frekvenčního pásma nejsou vážněji tlumeny průchodem krajinou, majáky mohou být výhodně umístěny daleko ve vnitrozemí.

Vysílání je přijímáno speciálním palubním přijímačem, který měří rozdíl ve fázi signálů přicházejících z hlavního a vedlejších majáků. Všechny majáky v řetězu DECCA musí být sfázovány a to i přes značnou vzdálenost samostatných majáků (až 100 námořních mil). Fázový rozdíl je u těchto vzdáleností rozhodující. Každý vedlejší maják je proto umístěn společně se zařízením, které přijímá "master" signál (z hlavního majáku), převádí ho na svou frekvenci a používá ho k řízení oscilátoru svého vysílače. A tak je podmínka konstantní fáze splněna. Vysílání všech majáků je ještě sledováno monitorovacími stanicemi.

frekvence

Mateřská stanice		84	-	86 kHz
Vedlejší stanice -	červená	70	-	72 kHz

zelená 112 - 115 kHz
 purpurová 126 - 129 kHz

Spolehlivost, přesnost a chyby :

Přesnost systému DECCA je v rozmezí od 50m (přes den) do 200m (v noci). Může klesnout až na 800 m, podle toho jak se vzdálenost od base-line (základny) zvětšuje. Přesnost je také ovlivněna sezónními efekty, které obvykle sníží přesnost o 6 až 8 stupňů. Typický dosah systému DECCA je 400 mil s reprodukovatelností 200 metrů.

1.2.2. OMEGA

Charakteristika systému :

OMEGA je globální navigační systém. Palubní systémy mohou použít pouze signály stanic OMEGA nebo součet signálu OMEGA pro získání informace o poloze a navedení na trať letu. OMEGA může být jediným systémem, který zajišťuje pilotovi data, přesto na palubě většiny současných letadel jsou systémy zdvojeny a spojeny s dalšími systémy. V souvislosti s anomáliemi šíření vln a změnami navigační přesnosti a v důsledku těchto anomálií poloha letadla, stanovená podle údajů OMEGA, se musí periodicky prověřovat pomocí běžných navigačních prostředků pro zajištění požadované přesnosti.

Princip činnosti :

OMEGA je dlouhovlnný hyperbolický radionavigační systém určený pro dálkovou navigaci. Systém tvoří 8 pozemních stanic s dosahem 5.000 NM (9.000 km) a více. Pracuje na velmi nízkých kmitočtech v pásmu 10-14 kHz. Každý maják vysílá normální jednovteřinové impulsy na třech následujících kmitočtech 10,2 , 13,6 a 11,33 kHz. Vysílací schéma každého majáku se opakuje v intervalu 10 vteřin.

Trvání vysílání [s]			0,9	0,2	1,0	0,2	1,1	0,2	1,2	0,2	1,1	0,2	0,9	0,2	1,2	0,2	1,0	0,2
Maják	Poloha		Kmitočet [kHz]															
A	Aldra Norsko	66°25'15,00" N 13°09'10,00" E	10,2		13,6		11,33		12,1		12,1		11,05		12,1		12,1	
B	Monrovia Libérie	6°18'19,39" N 10°39'44,21" W	12,0		10,2		13,6		11,33		12,0		12,0		11,05		12,0	
C	Haiku USA Havaj (Oahu)	21°24'20,67" N 157°49'47,75" W	11,8		11,8		10,2		13,6		11,33		11,8		11,8		11,05	
D	La Moure USA Sev. Dakota	46°21'57,20" N 98°20'08,77" W	11,05		13,1		13,1		10,2		13,6		11,33		13,1		13,1	
E	Fr. Reunion	20°58'26,47" S 55°17'24,25" E	12,3		11,05		12,3		12,3		10,2		13,6		11,33		12,3	
F	Golfo Nuevo Argentina	43°03'12,53" S 65°11'27,29" W	12,9		12,9		11,05		12,9		12,9		10,2		13,6		11,33	
G	Trinidad	10°42'06,20" N 61°38'20,30" W	11,33		13,0		13,0		11,05		13,0		13,0		10,2		13,6	
	Woodside Austrálie	38°29' S 146°58' E	ve výstavbě - po dokončení nahradí Trinidad															
H	Cušima (ostr.) Japonsko	34°36'53,26" N 129°27'12,49" E	13,6		11,33		12,8		12,8		11,05		12,8		12,8		10,2	

Tabulka 1: Seznam majáků a jejich umístění a frekvence. [10]

V „hyperbolickém“ modu měří přijímač fázový posun signálů 2 párů majáků OMEGA. Hyperbola je definována jako geometrické místo bodů, jejichž rozdíl vzdáleností od 2 ohnisek je stálý. Když jsou tedy 2 vysílače umístěny ve známé vzdálenosti od základny (baseline) a vysílají všesměrové signály na stejném kmitočtu ve stejný čas, vzniká řada hyperbolických křivek, spojujících body stálého fázového posunu. Tyto čáry stálého posunu jsou vyznačeny na speciálních navigačních mapách a používají se jako polohové čáry. Existuje tak velké množství polohových čar (Lines of Position – LOP). Je-li však znám specifický fázový posun mezi dvěma vysílači, znám kmitočet a vzdálenost mezi vysílači, je tím určeno přesné množství polohových čar mezi dvěma vysílači. V průsečíku polohových čar od 2 nezávislých párů vysílačů je pak určena poloha. K získání dvou polohových čar musí být k dispozici nejméně 3 vysílače. Průsečík hyperbol se hledá výpočtem v počítači, který je součástí palubního zařízení. Před použitím systému OMEGA pro navigaci je třeba před letem znát přesně zeměpisnou délku a šířku momentální polohy, aby se zjistilo, na kterých polohových čarách od každého vysílače se letadlo nachází.

Pozemní zařízení :

OMEGA se skládá z atomového zdroje frekvence, zařízení generujícího časové a frekvenční schéma, antény a přidruženého ladícího zařízení. Majáky se postupně střídají ve vysílání signálů na společných kmitočtech uvedených výše a kromě toho vysílají na kmitočtech přiřazených jednotlivým majákům (např. Norsko na 12,1 khz, Libérie 12,0 khz atd.) podle vysílacího obrazce (tab. 1). Doby vysílání stejného kmitočtu různými majáky se liší, toho se využívá k identifikaci majáku. Mezi vysíláním na různých kmitočtech je prodleva 0,2 s.

Palubní zařízení :

Skládá se ze speciální antény, přijímače, procesoru a kontrolního indikátoru. V systému OMEGA se měří hodnoty relativní fáze signálů od několika stanic. Protože jsou nutné přesné údaje času, je časový cyklus synchronizován na světový koordinovaný čas (UTC). Přesnost synchronizace je udržována cesiovými hodinami na každé stanici a vzájemnou kontrolou mezi majáky.

Rozmístění pozemních stanic OMEGA :

Stanice	A: Norsko	kmitočet	12,1 khz
„	B: Libérie	„	12,0 khz
„	C: Hawaii	„	11,8 khz
„	D: Severní Dakota	„	13,1 khz
„	E: Ba Réunion	„	12,3 khz
„	F: Argentina	„	12,9 khz
„	G: Austrálie	„	13,0 khz
„	H: Japonsko	„	12,8 khz

Ke zvýšení využitelnosti a přesnosti systému OMEGA se používá také několik výkonných stanic U.S.Navy pracujících v pásmu 15 – 30 kHz. Jsou umístěny v těchto místech: Austrálie, Japonsko, Anglie, Hawaii, USA(Maine), Washington, Maryland.

Spolehlivost, přesnost a chyby :

Přesnost závisí od geometrie rozmístění a kvality příjmu signálů systému OMEGA. Systém je také ovlivňován anomáliemi při šíření vln. Charakteristiky jednotlivých letadel se také mohou v určitém stupni měnit v závislosti od konstrukce a umístění antén, vlivu poruch, vytvářených dalšími systémy letadla a pod. Přesnost může být

zvýšena díky použití diferenčních nebo srovnatelných režimů zpracování signálů. Systém OMEGA má v hyperbolickém modu celkovou přesnost $\pm 5,6$ km (3 NM). Přesnost závisí na geometrických poměrech a kvalitě příjmu OMEGA nebo VLF vysílačů. V prostoru Evropy je krytí signálem všeobecně dobré a praktické poznatky z využívání systému v tomto prostoru ukazují, že létání po tratích ATS v Evropě je s použitím OMEGy stejně přesné jako při využívání VOR/DME. Přesnost může být zlepšena využitím jiných módů (diferenčního nebo relativního), které mohou vyhovět i pro přesnou prostorovou navigaci. Přestože krytí v regionu je dobré, systém podléhá anomáliím šíření radiových vln a navigační výkonnost jednotlivých letadel se může do jisté míry lišit v závislosti na druhu a umístění antény, šumu produkovaném ostatními zařízeními instalovanými v letadle a podobně. Navigační systém OMEGA může být samostatným systémem, předávajícím informace pilotovi, nebo je spojena s autopilotem a integrována s ostatními palubními systémy.

Určení polohy znesnadňují tři základní rušivé jevy: neurčitost pásem, denní změna a ionosférické poruchy.

Pásmem je nazýván prostor mezi sousedními hyperbolami. Např. na kmitočtu 10,2 khz přijímáme ode dvou majáků signály. Neurčitost vzniká fázovým posunem φ jednoho ze signálů o periodu, přičemž v grafickém záznamu nezjistíme žádnou změnu. Letadlo se tedy nachází na jedné z hyperbol, jejichž parametrem je fázový posun φ . Pouhým měřením fáze však nemůžeme určit na které z nich – vzniká tedy mnohoznačnost (neurčitost). Tu nejjednodušeji odstraníme známe-li hrubou polohu. Z té určíme, ve kterém pásmu se nacházíme a změřením fázového rozdílu určíme jedinou hyperbolu ležící uvnitř tohoto pásma. Při pohybu letadla se sleduje jeho přechod z pásma do pásma. Je žádoucí, aby pásma byla co nejširší. K tomu se užije vysílání na dalším kmitočtu, např. 13,6 khz, které je odvozeno od společného normálu. Denní změna je způsobena hlavně změnou výšky ionosféry a závisí na osvětlení cesty signálu sluncem. Změny se korigují pomocí programu, který potřebuje pro svou činnost datum, čas(GMT) a polohu. Ionosférické poruchy jsou náhodné a nelze je předem zjistit.

1.2.3 LORAN-C

V roce 1997 byla část sítě provozovaná armádou USA uvedena mimo provoz. Tím došlo ke značné degradaci pokrytí a přesnosti systému v celosvětovém měřítku, a nelze jej nadále považovat za technologii použitelnou v RNP. V rámci ČR a SR se nepoužívá.

Charakteristika systému :

Název LORAN je zkratkovým slovem pro systém dálkové navigace (LOng RAnge Navigation). Systém tvoří řetězec pozemních majáků a přijímače instalované na letadlech a lodích. LORAN C je systém pulsní hyperbolické navigace přijímající signál z minimálně tří vysílačů, a to principem měření časových hyperbol posunu signálu vždy mezi dvěma vysílači. Podmínka příjmu minimálně 3 stanic je splněna v případě využití i stanic ruského protějšku tohoto systému prakticky na jakémkoli místě na zemské kouli. Umožňuje dostatečné určení polohy pro lety po tratích, ale jeho

další rozvoj zvláště pro využití v oblastech s dostatečnou sítí vysílačů DME a dostatečným pokrytím GPS jako neperspektivní.

Princip činnosti :

Pracuje na nosném kmitočtu 100 khz, který zabezpečuje stabilní šíření i nad pevninou. Délka základny je 1000 až 1500 km. Výkon majáků je od 300 kW do 3 MW. Majáky vysílají sledy impulsů s periodou T. Sledy impulsů jsou fázově kódovány. Majáky vysílají sledy impulsů. Řídící maják M vysílá sled 9 impulsů. Impulzy jsou od sebe vzdáleny 1 ms, devátý impuls následuje za osmým za 2 ms. Po uplynutí kódovacího zpoždění, které je pro různé majáky v různých řetězcích různé, vysílají postupně podružné majáky sledy 8 impulsů, které jsou od sebe ve sledu vzdáleny 1 ms. Vysílání se periodicky opakuje, hodnoty periody se označují písmeny a čísly. Vzhledem k velkým vzdálenostem majáků jsou zavedeny základní periody $T = 100 \text{ ms}$, 80 ms , 40 ms . Písmena jsou dvě, druhé označuje poloviční periodu (SS, SL a SH), číslice za písmeny udává o kolik stovek μs je perioda T kratší než základní. Ve sledech jsou dva druhy impulsů (označované + a -), lišící se kódováním fáze nosné vlny. Fázové kódování sledů vysílaných řídicím majákem je jiné než kódování sledů vysílaných majáky pomocnými. Kromě toho je kódování jiné v lichých a sudých periodách T. Devátý impuls obsažený ve sledech vysílaných řídicím majákem slouží jednak k jejich odlišení od sledů majáků pomocných, jednak ho lze použít pro přenos řady informací (např. je vynecháván v rytmu Morseovy značky R). Pomocí změření časového rozdílu mezi prvními impulsy sledů zjistíme polohu, kterou pak určíme podle mapy s předtištěnými hyperbolami. Protože se vysílání řídicího majáku rozezná podle devátého impulsu a podružné majáky vysílají v daném pořadí s velkými časovými odstupy, je měření poměrně snadné.

Základní části :

Je tvořeno řetězcem majáků. Každý z řetězců je tvořen majákem řídicím (M) a dvěma či více majáky pomocnými (značí se W, X, Y, Z). Rozmístění majáků v řetězci je takové, že řídicí maják je ve středu kruhu, pomocné majáky jsou přibližně na obvodu

Spolehlivost, přesnost a chyby :

Systém LORAN C může pracovat s přesností stovek metrů ve vzdálenosti až 1.800 km od majáků. Při menších požadavcích na přesnost (6 km) lze systému používat až do vzdálenosti 6.000 km.

Navigační přesnost závisí na :

- vzdálenosti řídicího a pomocného radiomajáku
- vzdálenosti letadla od základny
- úhlu, který svírají spojnice letadla s koncovými body základny.

V současné době se systém LORAN C používá především v lodní navigaci

- při vzdálenosti 0 - 740 km – lepší než 0,5 km
- při vzdálenosti 740 - 2200 km – okolo 0,5 km
- při vzdálenosti 2200 - 4600 km – od 0,5 do 6km.

DOSAĤ :

Při povrchové vlně

- maximálně 3100 km ve dne
- maximálně 2200 km v noci.

Při prostorové vlně

- maximálně 3700 – 4800 km ve dne
- maximálně 5100 km v noci.

1.3.1 NAVSTAR GPS

Charakteristika systému :

Systém GPS označovaný také jako NAVSTAR (NAVigation System for Timing And Ranging) je pasivní družicový dálkoměrný systém.

Princip činnosti :

Jakmile přijímač GPS změří vzdálenost od 4 satelitů a zná polohu těchto satelitů, může vypočítat pomocí palubního počítače, kde se musí nacházet přijímač, aby v třírozměrném prostoru současně odpovídaly 4 změřené vzdálenosti od přijímače k satelitům vzhledem k jejich známé poloze.

Výpočet řeší 4 neznámé :

- zeměpisnou délku
- zeměpisnou šířku
- výšku
- čas

Čtvrté měření je potřeba pro změření časové chyby hodin v přijímači a tím k opravení nepřesnosti v určení polohy

Základní části :

Satelitní navigační systém se skládá ze tří segmentů:

- kosmického
- řídicího
- uživatelského

Kosmický segment je tvořen 24 satelity, z nichž je 21 aktivních a 3 jsou záložní. Další záložní družice jsou na zemi a lze je uvést do provozního stavu na dráze během 2 dnů. Tyto satelity jsou na orbitech kolem Země ve výšce 10.900 námořních mil (20.186 km) v 6 orbitálních rovinách se 4 satelity v každé rovině. Oběžné roviny mají sklon k rovníku (inklinaci) 55° a jsou rozmístěny po 120° zeměpisné délky. Doba oběhu je 11:56.9 hod. Toto rozmístění zaručuje příjem 4 a více satelitů kdekoli na Zemi. Navigační signály družice se vysílají na kmitočtech 1 575,42 MHz a 1 227,6 MHz. Na našem území je zajištěno pokrytí alespoň 7 družicemi po 24 hodin, při minimálním přípustném elevačním úhlu 5° může být viditelných až 10 družic. Poloha každého satelitu je přesně známa. Každý satelit vysílá do přijímače následující informace:

- poloha satelitu
- čas vysílání
- signál pro určení vzdálenosti mezi satelitem a palubním přijímačem

Řídicí segment zahrnuje 5 pozemních stanic a 3 antény v různých místech na zeměkouli. Pozemní stanice tvoří MCS (Master Control Station - hlavní řídicí stanice), monitorovací stanice a stanice pro komunikaci s družicemi. Monitorovací

stanice pasivně sleduje družice a přijímá jejich data, která předává do MCS, kde jsou zpracovány (parametry dráhy (efemeridy) a hodin jednotlivých družic). Tyto parametry jsou pomocí komunikačních stanic předány družicím, které je vysílají uživateli. MCS je umístěna na letecké základně Falcon v Colorado Springs, kde je také jedna z monitorovacích stanic. Další jsou Havaj, Kwajalein (Pacifik), Diego Garcia (Indický oceán) a Ascension (Tichý oceán).

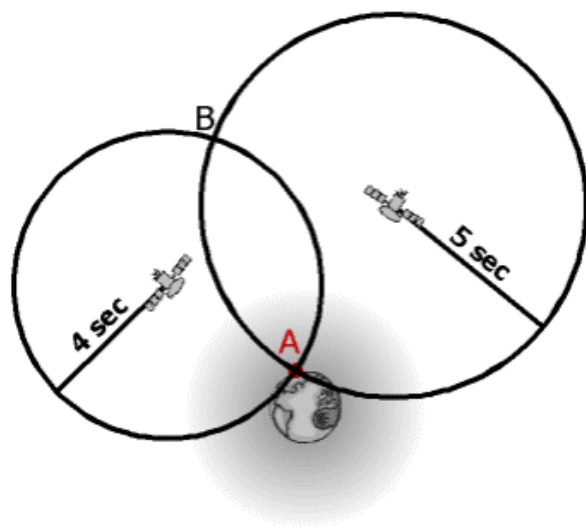
Uživatelský segment

Pro příjem a zpracování GPS signálů byli vyvinuty speciální přijímače. Kromě speciálních přijímačů určených pro vojenské aplikace, existuje dnes řada dalších typů GPS přijímačů, které se pomalu začleňují do základní výbavy nových automobilů.

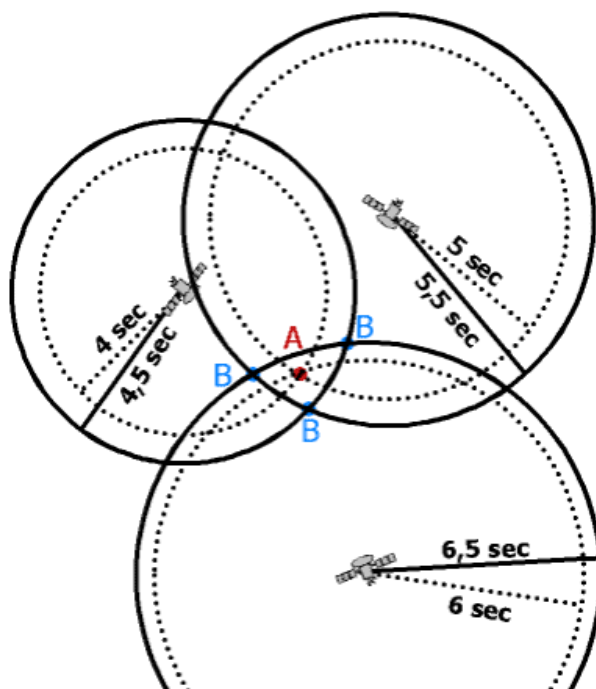
Spolehlivost, přesnost a chyby :

Služby SPS a PPS, výběrový přístup

Poloha určená pomocí GPS je velmi přesná i při použití jediného kmitočtu a kódu C/A (Coarse Acquisition). Proto vzhledem k požadavku na strategickou bezpečnost státu rozhodla vláda USA o zavedení zvláštního režimu provozu družic GPS - výběrového přístupu. Výběrový přístup SA (Selective Availability) spočívá v záměrném zhoršování přesnosti měření vzdálenosti tím, že se mění hodinový kmitočet signálu a efemeridy vysílané v navigační zprávě. Tento režim byl zaveden 25. 3. 1990 u všech družic bloku II. Následkem toho měřená zdánlivá vzdálenost (pseudorange) neodpovídá vzdálenosti uživatele od družice a posunu jeho hodin vzhledem k systémovým hodinám.



Obrázek 1-1 : Pozice od satelitu ve 2D dimenzionálním světě



Obrázek 1-2: 2D pozice od 3 satelitů s časovou korekcí.

Odborná světová veřejnost vede v současné době rozsáhlou kampaň proti SA.

Vzhledem ke strategickému významu přesného globálního určení polohy není však pravděpodobné, že by ministerstvo obrany USA SA zrušilo. V poslední době však došlo k potlačení amplitudy SA signálu a tím k snížení zavedené chyby.

GPS byl od počátku budován s tím, že bude využíván nejen vojenskými, ale i civilními uživateli. Hledala se pouze rozumná míra omezení přístupu nevojenských uživatelů, která by zajistila přijatelně nízké riziko zneužití systému, a přitom vyšla vstříc civilním aplikacím. Provozovatel systému rozlišuje mezi autorizovanými uživateli, kterými jsou především ozbrojené síly Spojených států a ostatními neautorizovanými uživateli. Neautorizovaným uživatelům je poskytována služba s označením SPS (Standard Positioning Service). Touto službou se rozumí přístup k C/A-kódu v kanálu L1 s tím, že přesnost měření je uměle zhoršena opatřením, označeným SA (Selective Availability). Autorizovaní uživatelé využívají službu označovanou PPS (Precise Positioning Service). Tato služba zahrnuje přístup k C/A kódu v kanálu L1 i P-kódu (Y-kódu) v kanálech L1 a L2 bez omezení. Aby mohl autorizovaný uživatel využít službu PPS, musí být vybaven přijímačem, který po zadání klíče dokáže eliminovat umělou chybu SA a zpracovat šifrovaný Y-kód. Současné stanovisko k využití GPS neautorizovanými uživateli bylo potvrzeno ministrem obrany Spojených států Aspinem, který v prosinci 1993 oficiálně oznámil, že systém GPS dosáhl počáteční operační způsobilosti (IOC) a služba SPS je neautorizovaným uživatelům k dispozici se zaručovanými parametry.

V souvislosti s ohlášením počáteční operační způsobilosti vydalo ministerstvo obrany spojených států dokument, který specifikuje signál služby SPS. Dokument má především sloužit jako podklad pro návrh přijímačů. Součástí dokumentu jsou i normy minimální výkonnosti SPS a metodický návrh pro jejich ověřování.

1.3.2 GALILEO

Charakteristika systému :

Galileo je prvním společným projektem Evropské unie reprezentované Evropskou komisí (European Commission, EC) a Evropskou kosmickou agenturou (European Space Agency, ESA).

Systém Galileo je to globální navigační družicový systém, který bude vyvinut a provozován Evropou a jeho uvedení do provozu se plánuje na rok 2010. Bude využívat stejného principu jako americký systém GPS a ruský GLONASS, se kterými se bude doplňovat. Oba současné systémy jsou vojenské a ani jeden z provozovatelů nedává záruku, že v případě potřeby signály ze svých družic nevypne. Pokud by na jejich využívání byla založena některá z dopravních služeb, měl by takový čin nebezpečné důsledky pro její uživatele.

Základní části :

Systém Galileo bude obsahovat 30 družic obíhajících ve třech rovinách po kruhových drahách ve výšce kolem 23500 km. Každá z rovin dráhy bude svírat s rovinou rovníku úhel 56° , díky čemuž umožní využívat navigační systém bez potíží až do míst ležících na 75° zeměpisné šířky. Velký počet družic, z nichž tři budou záložní, zajistí spolehlivou funkci systému i když některá družice přestane bezchybně pracovat. Galileo umožní každému držiteli přijímače signálu určit jeho aktuální polohu s přesností lepší než jeden metr. Jeho služby budou natolik spolehlivé, že na jeho základě bude možné řídit jízdu vlaků, navádět řidiče automobilů a dovést letadla na přistávací dráhu.

Evropský civilní družicový navigační systém GALILEO bude poskytovat celkem 5 druhů služeb :

- Základní služba (Open Service - OS)
- Služba "kritická" z hlediska bezpečnosti (Safety of Life service - SoL)
- Komerční služba (Commercial Service - CS)
- Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service - PRS)
- Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service - SAR)

Základní služby budou přístupné všem uživatelům bez omezení. Komerční služby budou přístupné placením uživatelům a ostatní služby jsou určeny pouze pro autorizované uživatele, např. ozbrojené a policejní složky.

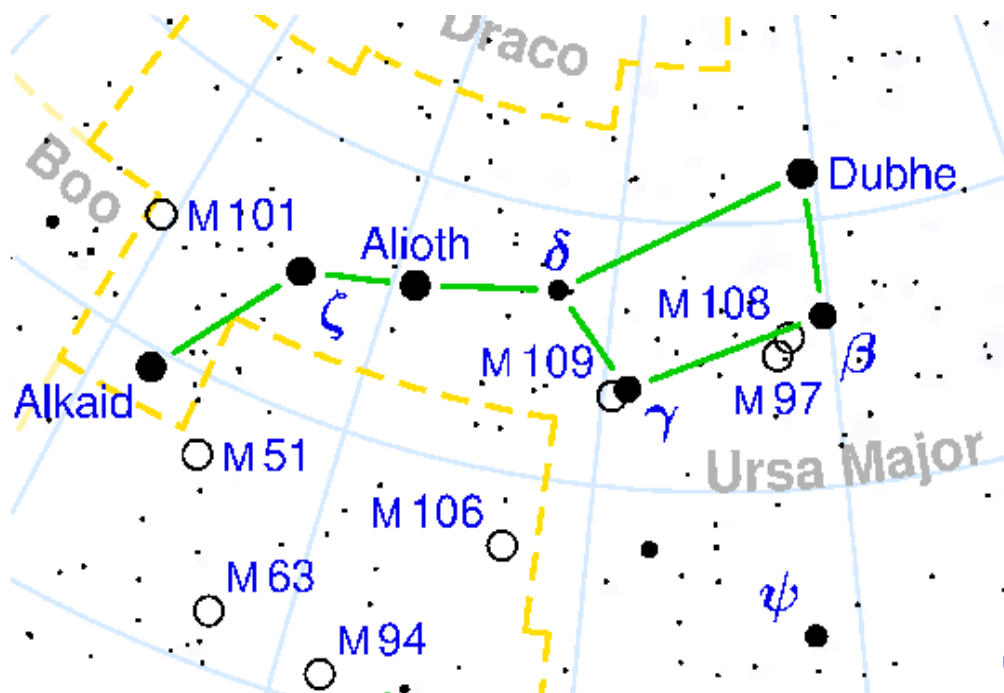
Systém GALILEO by měl nalézt využití z 80% především v sektoru dopravy v aplikacích vázaných na informaci o zeměpisné poloze. Díky využití dat o poloze vozidel k on-line informacím o dopravní situaci nebo pro vlastní řízení silničního provozu je možné předcházet kritickým dopravním situacím. Silniční a železniční dopravci budou schopni efektivněji monitorovat pohyb svých nákladních automobilů, železničních vozů nebo kontejnerů a také efektivněji potírat krádeže a podvody. GALILEO přináší prospěch i v oblastech mimo dopravu (např: přesné měření času, lokalizace nehod pro opravu produktovodů, inteligentní zemědělství, ochrana osob proti kriminalitě). Dále také může sloužit k měření deformací, k přesnému určení překážky na dně řeky, ke sledování skládek nebezpečných odpadů, k přesnému sledování pohybu mraků exhalací a oblaků radioaktivních látek, ke sledování a evidování svozu komunálního odpadu, k přesnému určení a opakovanému vyhledání lokality vzácných a chráněných rostlin nebo ke sledování pohybu zvířat.

1.3.3. NAVIGAČNÍ SYSTÉM COMPASS

Charakteristika systému :

Satelitní navigační a polohový systém Beidou (anglicky: Beidou Satellite Navigation and Positioning System), je projekt Čínské lidové republiky s cílem vyvinout nezávislý družicový navigační systém. Systém byl přejmenován na Compass poté, co bylo rozhodnuto o změně konceptu z regionálního navigačního systému na globální.

Navigační systém Beidou je pojmenován po souhvězdí, jehož jméno v čínštině zní Běidou. Běidou doslova znamená "Severní Dou" a je tak pojmenována podle svého tvaru. Dou je totiž druh tradiční čínské nádoby používané pro měření množství zrní. Běidou je ekvivalentem souhvězdí v českém prostředí známé jako Velký vůz nebo Velká medvědice (Ursa major). V minulosti byla tato konstelace využívána v navigaci pro vyhledání "Severní hvězdy" Polárky (Polaris). Název Běidou pro družicový navigační systém je proto v tomto případě více než výstižný.



Obrázek 1-3: souhvězdí Velký vůz (Ursa major).

Historie

30.října 2000 byla na oběžnou dráhu vynesena družice Beidou 1A. Družice Beidou 1B následovala 20.prosince 2000, a následně Beidou 2A přišla na řadu 24.května 2003.

V září roku 2003 se Čína stala spolupracujícím státem na projektu Galileo. Čína přislíbila do tohoto projektu během nadcházejících let investovat něco přes 200 miliónů euro. Umístění těchto investic je však poměrně sporné.

Čína 2.listopadu 2006 oznámila, že od roku 2008 bude Beidou zdarma poskytovat určení polohy s přesností 10 metrů v rámci "základní služby" (Open service). Toto oznámení vyjadřuje nejen čínské budoucí plány s Beidou, ale také může být určitým znamením pro ostatní investory Galileo projektu.



Obrázek 1-4: Geostacionární družice čínského navigačního systému Beidou (podle představy umělce)

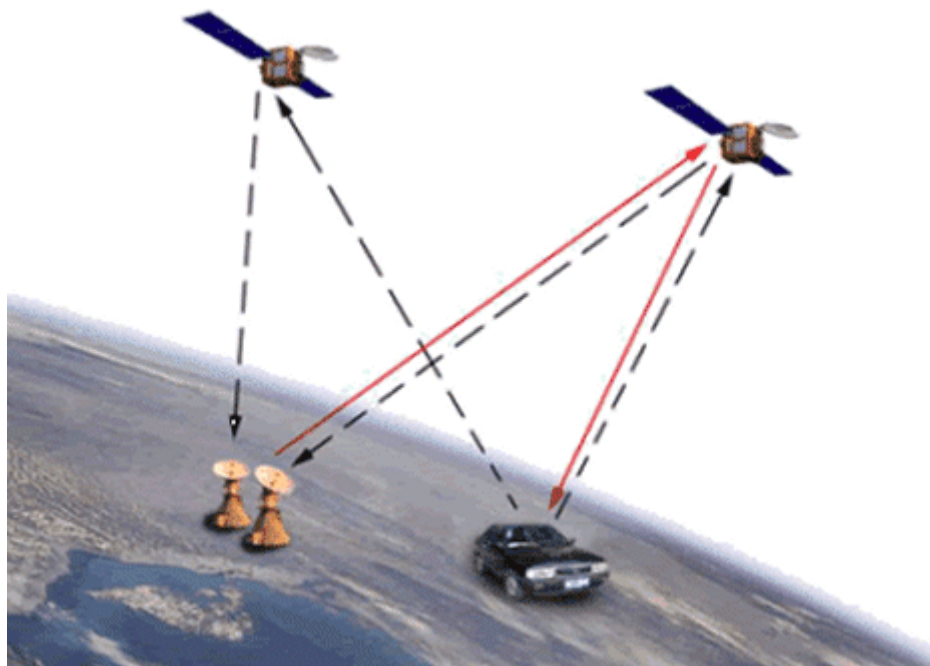
Současná technologie (Beidou 1)

Oproti systémům GPS, GLONASS a Galileo, které využívají družice pohybující se vzhledem k zemskému povrchu (družice na střední oběžné dráze (tzv. MEO, Medium Earth Orbit), Beidou 1 používá geostacionární družice. To znamená, že systém nepotřebuje tolik družic jako např. GPS, ale také to znamená že signálem je pokryta pouze oblast nad kterou je družice nastalo umístěna. Beidou 1 je tedy v současné době funkční v oblasti vymezené těmito souřadnicemi: 70° až 140° východní délky a 5° až 55° severní šířky.

Pokud chce uživatel znát svoji pozici, procedura je zjednodušeně následující:

1. Zařízení uživatele vyšle signál směrem k družicím.
2. Družice přijmou signál.
3. Družice vyšlou informaci pozemní stanici. Informace má podobu přesného času, kdy družice přijaly signál od uživatele.
4. Pozemní stanice spočítá zeměpisnou šířku a délku uživatele.
5. Nadmořská výška je spočítána z digitálního modelu terénu.
6. Pozemní stanice vyšle 3D pozici družici.
7. Družice pošle informaci o pozici uživateli.

Uživatelské zařízení může posílat i přijímat krátké zprávy od pozemní stanice.



*Obrázek 1-5: Zjednodušené schéma fungování systému současného Beidou 1
Budoucí plány (Beidou 2)*

Družice Beidou 1A a 1B byly navrženy jako experimentální družice. Čína plánuje postavit zbývající družice, aby se Beidou stal globálním navigačním systémem. Nový systém bude tvořen 35 družicemi, včetně pěti geostacionárních, které budou svým signálem pokrývat celou zeměkouli. Budou zajišťovány dva druhy služeb: bezplatná služba pro běžné uživatele a koncesovaná služba pro vojenské účely. Bezplatná služba bude určovat polohu s přesností přibližně 10 metrů, družicové hodiny budou synchronizovány s přesností 50 ns, rychlost bude měřena s přesností 0.2 m/s.

Koncesovaná služba bude přesnější než bezplatná služba, bude moci být využita také pro komunikaci a bude uživatelům poskytovat informaci o stavu (statutu) systému.

Družice Beidou 2A je v současné době záložní družicí pro Beidou 1A nebo 1B, ale v budoucnu bude geostacionární družicí systému Beidou 2.

Další dvě družice systému Beidou 2 by měly být vypuštěny v první polovině roku 2007 (první v roce 2007, celkově čtvrtá, byla vypuštěna 3.2.2007 z Xichang družicového odpalovacího centra). Čína v následujících letech plánuje pokračovat v experimentálních a přípravných pracích na systému Beidou 2.

Čína chce z experimentálního systému Beidou vyvinout globální družicový navigační systém, který ponese jméno Compass. Systém Compass bude v roce 2008 plně funkční pro klienty v oblasti území Číny a přilehlých regionů. Navigační systém Compass bude tedy postupně rozšířen (po provedení dílčích experimentů a vybudování celého systému) na globální navigační a polohový systém.

1.3.4 GLONASS

Charakteristika systému :

GLobální NAVigační Satelitní Systém je radiový družicový navigační systém provozovaný dříve Sovětským svazem, nyní Ruskem. GLONASS je obdobou amerického GPS a evropského navigačního systému Galileo a je provozován ruskou vládou skrze Úřad ruských vojenských vesmírných sil.

Vývoj systému GLONASS byl po rozpadu Sovětského Svazu převzat jeho nástupnickou zemí - Ruskem. Plná provozuschopnost systému byla plánována na rok 1991. Poté bylo 24. září 1993 oznámeno, že je systém kompletní, nicméně konstelace byla doopravdy dokončena až v prosinci roku 1995. Díky špatné ekonomické situaci v Rusku však bylo v dubnu 2002 v provozu pouze osm družic, takže fakticky byl celý systém jako globální navigační nástroj nepoužitelný. Situace se změnila 20. srpna 2001, kdy byl ruskou vládou schválen federální program "Globální navigační systém". Podle něj by měl být systém plně funkční (tzn. plný počet 24 družic na oběžné dráze) do roku 2011 (podle nejnovějších zpráv již v roce 2009, a to díky intenzivnímu tlaku ze strany ruského prezidenta Vladimira Putina). 31. prosince 2006 bylo na oběžné dráze 16 družic, z toho 6 "dočasně vypnuto". Další tři družice byly vyneseny na oběžnou dráhu o šest dní dříve, tj. 25. prosince 2006 (nezapočítány do celkového počtu), v současné době by měly být již aktivovány. Od roku 1992 Rusko celkem vypustilo 44 družic typu Uragan. Pro rok 2007 se počítá s vypuštěním šesti družic, v roce 2008 pak s dalšími pěti. Federální rozpočet počítá s vyčleněním částky na systém Glonass odpovídající 181 milionů dolarů v roce 2006 a 380 milionů dolarů v roce 2007.

Popis systému :



Charakteristickým znakem GLONASS konstelace je její identické opakování rozmístění družic kolem Země každých osm dní. Každá "orbitální" rovina obsahuje 8 družic, po jednom hvězdném dni v ní dochází k neidentickému opakování (non-identical repeat, to znamená, že jiná družice zaujme stejné místo jako předchozí) rozmístění družic. Tímto se GLONASS liší od GPS, kde dochází k identickému opakování (identical

repeat) během periody rovnající se jednomu hvězdnému dni.

Při nejvyšším stupni dokončení systém poskytoval standardní určení polohy a času (coarse-acquisition nebo C/A) charakterizované takto: horizontální polohová přesnost mezi 57-70 metrů, vertikální přesnost do 70 metrů, přesnost vektoru rychlosti do 15 cm/s a určení času do 1 μ s. Tyto údaje platily, pokud měření bylo výsledkem příjmu signálů od 4 družic najednou. O dost přesnější signál (precision nebo také P(Y)) byl k dispozici jen ruské armádě. Ruský ministr obrany Sergej Ivanov v listopadu 2006 prohlásil, že vojenský signál bude k dispozici k civilnímu použití již na začátku roku 2007. Stejně jako u GPS se kompletní GLONASS konstelace skládá z 24 družic, z nichž 21 bude v provozu a 3 budou záložní (každá v jedné ze tří oběžných rovin). V každé rovině má být osm družic, identifikovatelné pomocí pozičního čísla (číslo určuje odpovídající rovinu oběžné dráhy a pozici v rámci této roviny: 1-8, 9-16, 17-24). Roviny oběžných drah jsou vzájemně posunuty o 120° (podél roviny rovníku),

družice v jedné rovině jsou vzájemně posunuty o 45° . Oběžné dráhy jsou přibližně kruhové se sklonem k rovině rovníku 64.8° a hlavní poloosou o délce 25,440 km. Družice systému GLONASS obíhají Zemi ve výšce 19,100 km (pro srovnání GPS družice ve výšce cca 20 000 km). Každá družice oběhne Zemi každých 11 hodin a 15 minut. Uragan družice budou rozmístěné na oběžných drahách tak, aby minimálně 5 jich bylo kdykoli viditelné z jakéhokoli místa na Zemi.

Družice Uragan vysílají dva typy signálů: o standardní přesnosti (standard precision (SP)) a vysoké přesnosti (high precision (HP)). SP signál na frekvenci L1 používá schéma FDMA (**F**requency **D**ivision **M**ultiple **A**ccess scheme), Jednoduše řečeno, každá družice vysílá na různé nosné frekvenci (Ve schématech FDMA je přidělená frekvence rozdělena do pásem a každé z nich je přiřazeno určité stanici (družici)).

1.4.1 ILS – PŘESNÝ PŘIBLIŽOVACÍ SYSTÉM

Charakteristika systému :

ILS je standardní systém přesných přibližovacích majáků pro vytyčení dráhy letu pro přesné nalétnutí trati i sestupu na konečném přiblížení i za podmínek nízké základny mraků a nízké dohlednosti.

Obsahuje tři podsystémy:

- vysílač směrového paprsku (též kursový maják, angl. Localizer) pracující na pásmu VHF
- vysílač skluzového paprsku (sestupový maják, Glide slope), pásmo UHF
- polohová návěstidla (Markers), pásmo VHF

Princip činnosti :

V systému ILS se používá amplitudová modulace.

Jejím principem je nosnou vlnu popsanou rovnicí $S_n(t) = A_n \cos 2\pi f_n t$

namodulovat dalším signálem $S_m(t) = A_m \cos 2\pi f_m t$

LLZ vysílá na frekvenci 108 – 111,95 MHz a GP na frekvenci 329 – 335 MHz s modulací 90Hz a 150Hz.

Spolehlivost, přesnost a chyby

Dosah kursového majáku má být alespoň 18 km po celém obvodu, 30 km v kruhové výseči 70° a 40 km v kruhové výseči 20° s osou přiblížení ve středu výsečí.

Sestupový maják musí být zachytitelný 18 km od prahu a 8° na obě strany sestupové osy. Kursový paprsek má úhlový rozměr 5° , jeho požadovaná přesnost se liší pro kategorie ILS podle ICAO.

Odchyly musí být nad prahem VPD nejvýše 3 metry od osy dráhy pro I. Kategorii, 7,5 m pro II. a 10,5 m pro III. kategorii. Úhlová šířka sestupového paprsku je $1,4^\circ$, sestupová dráha má mít nad prahem VPD výšku 15 m s přesností 3 m.

Polohové majáky musí mít takový dosah, aby se daly zachytit v kterémkoli místě obdélníků vymezených úhlovými tolerancemi směrového a sestupového paprsku. Délky úseků polohových návěstidel na sestupové ose, kde jsou majáky zachytitelné jsou 7200m od prahu dráhy pro outer marker, 1050 +/- 150m od prahu pro middle marker a 75 -450m od prahu pro inner marker (jejich identifikace se liší v barvě

identifikace, modrá – OM , jantarová – MM a bílá - IM a také podle rozdílu teček a čárek v identifikačním tónu).

Nevýhody systému ILS se vztahují k jeho sestupovému podsystemu, který je ovlivněn okolním terénem. Je obtížné zavádět jej v horském terénu, kde trpí odrazy. Také nedokáže vytvořit zakřivenou sestupovou rovinu nebo rovinu s jiným úhlem sestupu.

Přiblížení pomocí přesného přibližovacího zařízení ILS

Přesná přiblížení ve fázi konečného přiblížení k letišti poskytují pilotovi informaci nejen o směrovém vedení letadla, ale i vertikální poloze letadla. Pilot je kontinuálně informován o poloze letadla vůči oběma rovinám a může tak okamžitě provádět opravy jak v ose dráhy, tak na skluzové rovině. Toto zařízení tedy dovoluje provádět konečné přiblížení i za snížených dohledností (s ohledem na technické vybavení letiště, letadla samotného, způsobilosti posádky).

Palubní vybavení ILS se skládá ze sestupového, směrového a markerového přijímače. Po naladění příslušného kmitočtu je signál v přijímačích zachycen a veden k palubním přístrojům. Indikátor směrového a sestupového radiomajáku ILS je palubní zařízení se dvěma na sebe kolmými osami – horizontální a vertikální. Osy jsou rozdělené na deset dílků, ohraničených tečkami. Odchylku od požadované sestupové resp. směrové roviny indikují ručičky a to povelovým způsobem.

Z hlediska přiblížení samotného, rozlišujeme 3 základní kategorie dle ICAO.

Přiblížení I. kategorie ICAO je takové při kterém se pilot rozhodne o provedení přistání resp. provede postup nezdařeného přiblížení nejpozději ve výšce rozhodnutí DH 200 ft AGL. Dále musí být splněno kritérium minimální dohlednosti VIS 800 m, popřípadě měří-li se dráhová dohlednost, pak min. RVR 550 m, jenž má letovou dohledností přednost.

Činnost pilota při tomto druhu přiblížení bude následná. V úseku počátečního přiblížení mezi fixy IAF a IF přivádí pilot letadlo na trať konečného přiblížení. V tomto úseku se snižuje výška až na publikovanou výšku počátečního přiblížení, max. rychlost se udržuje do 210 kt IAS a dochází k počátečnímu vysouvání klapek. Včas před nalétnutím tratě konečného přiblížení naladí na palubním zařízení příslušný kmitočet localizeru LLZa na selektoru kursů OBS nastaví číselný údaj tratě konečného přiblížení. Jelikož směrový maják LLZ vysílá identifikační značku v morseově abecedě, měl by si pilot toto vysílání odposlechnout, aby se ujistil, že naladil správný kmitočet. Jakmile se přiblíží k trati konečného přiblížení, ručička indikátoru se uvolní a pohybuje se směrem ke středu. Jelikož zařízení pracuje povelově, vyjadřuje výchylka ručičky od středu indikace povel pilotovi kterým směrem má provést opravu. Je optimální, když se směrový paprsek LLZ (označující prodlouženou osu dráhy) dosáhne v bodě IF. To je bod středního přiblížení ve kterém se uvádí letadlo do horizontálního letu a dále se snižuje rychlost pro další vysouvání klapek. Poslední vysunutí klapek a vysunutí podvozku by měl pilot provést nejpozději do bodu FAF (aby se již během celého úseku konečného přiblížení letadlo nacházelo v přistávací konfiguraci a drželo konstantní rychlost), ve kterém převádí letadlo do klesání. Následuje zachycení signálu sestupového majáku GP, který navede letadlo bezpečně až do bodu rozhodnutí, resp. do bodu nezdařeného přiblížení MAPt. Není-li k dispozici údaj elektronické skluzové roviny (přiblížení LLZ ONLY), musí nahradit chybějící informace informacemi získanými z tabulek, výpočtem nebo pomocí fixů, zvolit vertikální rychlost s ohledem na úhel skluzové roviny a vliv větru. Takto pilot

klesá až do výšky rozhodnutí, ve které je již nutné vizuálně identifikovat práh přistávací dráhy, resp. světelná návěstidla přibližovací soustavy před prahem dráhy

U přiblížení II. kategorie ICAO se snižuje výška rozhodnutí na DH 100 ft a dráhová dohlednost RVR nesmí být nižší než 300 m. Činnost pilota, resp. pilotů řídicího PF a neřídicího PNF je víceméně shodná s předešlou kategorií. Pokud pilot řídicí získá ve výšce rozhodnutí vizuální reference a rozhodne se přistát nahlásí „landing“ a pokračuje nezměněnou konfigurací letadla na přistání. Pilot má nyní možnost přistát jak s ručním řízením tak v režimu autopilot. Oba piloti musí být navíc pro tuto kategorii kvalifikováni pro přiblížení CAT II.

Přiblížení III. Kategorie ICAO se dále dělí na A,B,C. Pro CAT III A platí min. výška rozhodnutí DH 50 ft a dráhová dohlednost RVR ne menší než 200 m. U kategorie B je podmínka dráhové dohlednosti RVR mezi 75 a 200 m, a u kategorie C není stanovena ani dráhová dohlednost ani výška rozhodnutí (mohou být nulové). Od kategorie II jej též liší podmínka přistání pouze v režimu autopilot.

1.4.2 MLS – MIKROVLNÝ PŘÍBLIŽOVACÍ SYSTÉM

Charakteristika systému :

Tento systém pracuje s mikrovlnným paprskem, který "prohlíží" prostor jak v azimutální tak i ve vertikální rovině. Letadlo, které je zachyceno tímto paprskem, z něj vyhodnocuje svou polohu v prostoru. Vysílání je tedy vlastně jednosměrné. Poloha letadla je tak určena v azimutu i vertikálně v kterémkoliv bodě v dosahu "prohlížečského" paprsku. Protože mikrovlnná energie je do určeného prostoru vyzařována v určitém čase a není rozptýlena do různých směrů. Nevyskytuje se rušení zařízení budovami a terénem, není letadlo na zemi ani ve vzduchu tím ovlivněno. Protože vysílání signálů není ovlivněno terénem před anténou může být zařízení umístěno i v zastavěných prostorech, kde zařízení ILS nemůže být instalováno. Zavedení nového standardního přibližovacího a přistávacího systému MLS se setkávalo s velkými potížemi pro nejasné požadavky na provoz a velké náklady při vybavení letadel novým zařízením. Proto se zavedení tohoto zařízení, které mělo nahradit systém ILS již v roce 1985, stále oddalovalo i pro boj mezi návrhovateli a výrobcí zařízení. Vedly se spory o tom, zda zařízení má být standardní, nebo má pracovat na Dopplerově principu.

Princip činnosti :

Signály jsou vysílány na jednom z 200 kanálů ve frekvenčním pásmu 5031 - 5090 MHz. Zařízení je vybaveno záložním systémem napájení bateriemi, který je schopen pracovat až 6 hodin pro případ, že by napájení ze sítě bylo přerušeno.

Pro každou VPD je nutné instalovat vlastní zařízení MLS. Pro určení vzdáleností je možno používat DME. Signály vyplňují celý sektor přiblížení proporcionálními úhlovými údaji jak v azimutu tak výškově. Azimutální a výškové (elevační) paprsky "prohlížejí" prostor časově synchronizovaným způsobem s různými odstupy pulsů, aby bylo umožněno dekódovat tyto signály v přijímači a tím určit polohu letadla jak v azimutu tak i výškově. Prohlížení sektoru přiblížení paprskem se dosahuje mechanickým otáčením 2 antén. Tato technika spolu s úzkým paprskem snižuje odrazy vytvářením odstupů mezi příjmem žádoucích signálů a nežádoucích odrazů. Ve spojení se signály DME a propojením přes palubní počítač mohou signály COSCAN umožnit letadlu provádět zakřivená přiblížení a strmé sestupové úhly a snížit tak hluk v citlivých oblastech nebo zjednodušit problémy rozestupů mezi letadly pro řídicí letového provozu.

Základní části :

- 1) pozemního vysílače a přidruženého vnitřního a vnějšího monitorovacího zařízení,
- 2) palubního systému - přijímače, dekodéru, ovládání a antény.

Na rozdíl od ILS je zařízení MLS umístěno v jediné jednotce, vysoké 4 stopy (1,2m) umístěné 30m (100 stop) od osy a asi 27m (90 stop) od prahu VPD. Zařízení vytváří jak kursovou tak i skluzovou rovinu, ale nevytváří zadní paprsek.

Spolehlivost, přesnost a chyby :

Signály pokrývají prostor přibližně 20° v azimutu a od 1° do 20° ve vertikální rovině. Použitelný sestupový paprsek může být od 3° do 15° . Paprsky vysílané anténou jsou v azimutu široké 3° , v sestupové rovině 2° .

Identifikace stanice je určována morse značkou zakódovanou do paprsku.

Dosah zařízení je 40 - 50 NM za jasného počasí a 10 NM za deště o intenzitě 10 mm/hod. Palubní zařízení se skládá ze zařízení volitelného skluzového paprsku, který pilotovi umožňuje vybrat si úhel sestupu od 3° do 15° . Tento systém může být zafixován, aby vytyčoval pevný sestupový úhel. Zkoušky dokázaly, že přesnost zařízení je přinejmenším stejná jako je požadováno pro I.kategorii ILS. Práce na dalším vývoji MLS byly v poslední době pozastaveny, protože se uvažuje o využití globálního navigačního systému GPS i pro přiblížení na přistání. Zařízení GPS nebude vyžadovat žádná dodatečná pozemní zařízení na každém letišti nebo pro každou VPD.

1.5.1 Inerční navigační systémy

Charakteristika systému :

Inerciální navigační systém INS je v současné době jediný autonomní navigační systém. Jeho originalita spočívá v tom, že je absolutně nezávislý na pozemních navigačních systémech a tudíž jsou eliminována většina chyb spojená např. s odrazy radiových vln, magnetismem apod. Pro správný chod systému je zapotřebí pouze před letem přesně definovat místo vzletu, trať letu a místo přistání. Jelikož je tento systém založen na navigaci od referenčního bodu, jsou největší nároky kladeny na souřadnice místa, kde se letadlo nachází před vzletem.

Rychlost letadla a poloha se určují od referenčního bodu pomocí měření zrychlení letadla vzhledem k zemi. Inerciální systém je založen na integraci akcelerace,

z níž se vyhodnocuje rychlost a vzdálenost. Protože akcelerace je vektor, dává systém polohu dle os X a Y vůči počátečním souřadnicím. Systém též vyhodnocuje vzdálenost a směr k místu určení nebo traťovému bodu a odchylku od trati.

Princip činnosti :

INS je plně autonomní zařízení, jehož princip činnosti je založen na měření zrychlení, které vzniká při pohybu letadla pomocí zdrojů umístěných v gyroskopicky stabilizované základně. Systém zajišťuje přesnou informaci o průběžné poloze, navigační data, příkazy řízení, a také informace o úhlech náklonu a kursu. Většina letadel má zdvojený až ztrojený INS. Dle běžné praxe se před vzletem letadla do systému zavádí informace o poloze letadla, která je určena s vysokou přesností. Na základě dříve naprogramované řady bodů trati systém vede letadlo po zadané trati letu. Body trati se většinou programují před vzletem, avšak nové body je možno do systému zavádět v libovolný čas.

Základním nedostatkem inerciálních systémů je to, že jejich přesnost se snižuje v průběhu času od poslední korekce informace, přitom se připouští lineární odchylka 2,8 - 3,7 km (1,5 - 2 NM) za hodinu, přestože v praxi se často zajišťuje značně vyšší přesnost. Očekává se, že INS může zajistit navedení letadla v rámci normálních odchylek odpovídajících tratím vymezených VOR na vzdálenost větší než 1850 km (1000 NM) po odpovídajícím nastavení systému před vzletem. Přesto je jasné, že prosté zdvojení systému INS bez automatické korekce nezajistí dostatečnou přesnost v prostoru s takovou sítí trati již za několik hodin letu, pokud nebudou zajištěny speciální opatření, které umožní pilotovi prověřovat přesnost systému s možností různých korekcí nebo vzájemných kontrol.

Velký počet letadel je vybaven třemi INS a zpravidla pracují v takzvaném triplexním režimu, který zajišťuje zprůměrování údajů o poloze od tří nezávislých systémů. Obvykle tento princip dovolí přesněji vypočítat polohu, protože pokud údaje jedné ze tří stanic se značně odlišují od zbývajících dvou, je možnost tyto údaje vypustit z průměrování.

Na palubě některých letadel se mimo zdvojeného INS umísťuje vybavení OMEGA, pomocí kterého posádka může trvale provádět vzájemnou kontrolu v těch případech, kdy přesnost INS se snižuje a stává se menší než přesnost OMEGA (1999).

Mnohé systémy INS mají složité automatické zařízení korekce informace, které používají vstupní signály dvou stanic DME a/nebo VOR. V nejsložitějších systémech se používá zařízení automatického seřízení, které zajišťuje kontrolu a trvalou korekci podle údajů několika DME, v zóně kterých se letadlo nachází.

Pro měření zrychlení v horizontální rovině se používají dva akcelerometry, z nichž jeden měří zrychlení ve směru sever – jih zeměpisný a druhý ve směru východ – západ zeměpisný. V mnoha typech INS je ještě věstaven třetí akcelerometr pro měření vertikálního zrychlení. Ten však nemá nahradit barometrický výškoměr, ale zajistit okamžitou indikaci rychlých změn výšky, tj. odstranit zpoždění, se kterým pracují všechny barometrické přístroje. Kromě toho vytváří korekční signály pro stabilizaci základny.

Základní části :

- 1) Stabilizovaná základna orientovaná tak , že udržuje akcelerometry v horizontální poloze vůči zemi a poskytuje směrové údaje . Každá základna / platforma / má dva gyroskopy .
- 2) Akcelerometry ,umístěné na základně ,z nichž se snímají zvláštní prvky zrychlení . Tato zařízení / měřící zrychlení / jsou základními prvky systému a všechny ostatní komponenty jsou založeny na jejich údajích .
- 3) Integrátory , které přijímají údaje z akcelometrů a vyhodnocují rychlost a vzdálenost . Rozeznáváme dva druhy integrátorů - analogové a digitální . Co se týče přesnosti , jsou digitální integrátory mnohem přesnější .
- 4) Počítač , přijímající signály z integrátorů a měnící uletěnou vzdálenost na zeměpisné souřadnice .

Inerciální referenční systém :

Používá-li se systému orientovaného k severu , je jeden akcelerometr nastaven do severního směru a druhý do směru východ - západ . Při této konfiguraci může být každý pohyb letadla udáván vzdáleností proletěnou ve směru východ - západ a sever - jih .

Vzdálenost ve směru sever - jih se převádí jednoduše na stupně zeměpisné šířky, totiž pokud vydělíme uletěnou vzdálenost v tomto směru / v námořních mílích / šedesáti dostaneme stupně zeměpisné šířky.

Vzdálenost ve směru východ - západ se musí násobit součinem poloměru Země a cosinem zeměpisné šířky a pak dělit šedesáti. Tím dostaneme stupně zeměpisné délky. Tato operace je nutná z důvodu sbíhavosti poledníků .

Pracovní módy a nastavení systému :

U moderních letadel jsou konvenční gyroskopy a kompasové systémy starších druhů nahrazeny třemi sadami laserových paprsků a akcelometrů , používajících k měření úhlových rychlostí posuvy kmitočtu laserového paprsku. To přináší především značné váhové odlehčení.

V normálním pracovním módu IRS (Inertial Reference Systém) poskytuje údaje o poloze letadla , zeměpisném a magnetickém severu , zrychlení , vertikální rychlosti , traťové rychlosti , trati , momentální poloze a větru různým systémům letadla , které tyto údaje potřebují . Údaje systému jsou nezávislé na vnějších navigačních prostředcích . IRS je jediným zdrojem informací o poloze a kursu, kromě záložního umělého horizontu a záložního magnetického kompasu.

Druhý mód ,tzv. polohový ,slouží k přesnému seřízení a nastavení systému.

Nastavení systému před letem , to znamená sesouhlasení gyroskopů a zadání přesné momentální polohy letadla, které trvalo u konvenčních zařízení kolem 30 minut a více , je u zařízení s laserovými gyroskopy zkráceno asi na 10 minut (ve větších zeměpisných šířkách mezi 70° 12' a 78° 15' trvá zhruba 17 minut. Během této doby se nesmí s letadlem pohybovat .

Proto ,aby byl systém přesně nastaven ,je potřeba provést několik úkonů :

- akcelerometry musí být uvedeny do vodoroné polohy

- základna musí být orientována k zeměpisnému severu ,tj. nastavení základny do polohy souhlasné se souřadnou zemskou soustavou

Většina evropských letišť má na stojánkách pro jednotlivá letadla přesně definované referenční body , kde se vystavuje inerciální navigační systém .Pro přesnou koordinaci IRS bývají navíc umístěny záložní kontrolní referenční body na počátcích vzletových drah, kde může posádka testovat IRS .

Spolehlivost, přesnost a chyby :

Přesnost letu dle inerciálního navigačního systému je v současné době cca 1,28 km /h a spolehlivost systému je určena pro 2000 letových hodin .Chyby , které jsou spojeny s IRS jsou dány především nepřesnou prací gyroskopů .Tyto ovlivňují výpočet tratě úměrně s časem (s časem rostou) a jsou hlavním důvodem ohraničujícím čas autonomní práce inerciálního systému .Další chyby IRS jsou způsobeny kmitáním nosné základny a mají charakter netlumených kmitů s frekvencí Schulera a časem se nezvětšuje .

V blízkosti země působí na systém zemská přitažlivost a úhlová rychlost (otáčení země). Do systému je proto nutné zavádět kompenzace , které mají vliv na přesnost navigačních informací .S použitím těchto kompenzací vzniká však v systému jistá tolerance .

Hlavním zdrojem chyby je snos gyra. Je - li toto zařízení používáno jako primární navigační systém , vyžadují se na palubě letadla 2 zařízení . Některé letecké společnosti používají k zaručení spolehlivosti 3 nezávislých zařízení na palubě , hlavně při letech přes Atlantik .

Pro zvýšení přesnosti jsou některá letadla vybaveny zdvojenou soupravou INS doplněnou v minulosti systémem OMEGA (dnes např. systémem GPS) , takže lze neustále provádět křížovou kontrolu výkonu INS v těch podmínkách , kdy jeho přesnost může klesnout . V případech kdy je systém OMEGA plně integrován do INS a pak se systém nazývá IONS . Takto kombinované navigační systémy se jeví v současné době jako provozně i ekonomicky nejvýhodnější.

Pro zlepšení přesnosti se používá v dosahu VOR a DME údajů z těchto zařízení ke korekci chyb INS .

2. Doporučení ICAO a EUROCONTROL týkající se navigace pro další období

2.1 ICAO

ICAO CELOSVĚTOVÝ ATM PROVOZNÍ KONCEPT

Celosvětový ATM provozní koncept, schválený ICAO 11. vzdušnými konferencemi navigace (AN-Conf/11) a publikovaný jako ICAO Doc 9854, poskytuje rámec pro rozvoj veškerých oblastních ATM konceptů. AN-Conf/11 také schválil řadu technických doporučení ovlivňujících navigaci, zahrnující harmonizaci vzdušných navigačních systémů mezi regiony, četnost plánování, přechod k satelitní letecké navigaci, křivočaré RNAV procedury, a použití vícenásobných GNSS signálů a rychlé implementace přiblížení s vertikálním vedením.

ICAO Performance Based Navigation (PBN) příručka byla vyvinutá v přímé odpovědi na AN-CONF/11 doporučení. V září 2007, ICAO 36th generální shromáždění vydalo rozhodnutí pobízející státy :

- Dokončit PBN realizaci plánovanou do 2009.
- Realizovat RNAV a RNP provozy (kde je to požadovaný) na tratích a terminálové oblasti.
- Realizovat přiblížení s vertikálním vedením (APV) (Baro - VNAV , či rozšířený GNSS) pro všechny přístrojové konce dráhy, buď jako primární přiblížení či jako záložní pro přesné přiblížení, do 2016 (s 30 procenty do 2010 a 70 procenty do 2014).

2.2 STRATEGIE NAVIGACE EUROCONTROL

2.2.1 CÍLE A ROZSAH

Cíl tohoto použití navigace a strategie navigační infrastruktury je k tomu, aby poskytovala harmonizovaný a integrovaný běžný rámec který dovolí cenově dostupný, zákaznický orientovaný vývoj evropských ATM systémů. Tento rámec bude podporovat provozní zlepšení navrhnutá v dokumentu 2015 ECAC Airspace Conceptu & Strategy stejně jako SESAR Operational koncept. Strategie proto poskytuje základ pro:

- Vývoj ECAC navigačních prostředků a podporující navigační infrastrukturu.
- Racionalizace, integrace a harmonizace nynějších a nových vzdušných navigačních systémů.
- Racionalizace navigačních prostředků a infrastruktury potřebné k zajištění bezpečné a efektivní implementaci navigačních aplikací.

Strategie oslovuje všeobecnou vzdušnou dopravu (GAT) operující pod ICAO pravidly pro lety podle přístrojů(IFR) uvnitř ECAC vzdušného prostoru. Toto zahrnuje tratě, terminálovou oblast, přiblížení a přistávací fáze letu společně se vzletovým vedením. Vývoj ECAC navigačních zařízení a infrastruktury bude těsně svázaný k výběru navigačních aplikací a implementace strategie. Tento evoluční proces může ovlivnit ne-IFR provozy, které obvykle využívají infrastrukturu poskytnutou pro GAT IFR

provozy. Následně tato strategie může dopadnout na ne-IFR provoz v budoucnosti evropského vzdušného prostředí navigace, kde navigační prostředky infrastruktury nyní podporují pravidla létání za vidu (VFR).

Strategie navigační aplikace a prostředky navigační infrastruktury rozpozná že vojenští uživatelé ECAC vzdušného prostoru uskuteční provoz které nemusejí plně uspokojit požadavky vydané ve strategii pro GAT provoz. Nicméně, součinnost řešení umožňující jejich neomezený přístup k celému vzdušnému prostoru bude stále požadovaná.

Navigační strategie pro ECAC oblast se skládá ze dvou příbuzných částí:

- **Navigační využití, a**
- **Navigační prostředky infrastruktury.**

Navigační strategie obsažená v této kapitole je složená ze čtyř schémat:

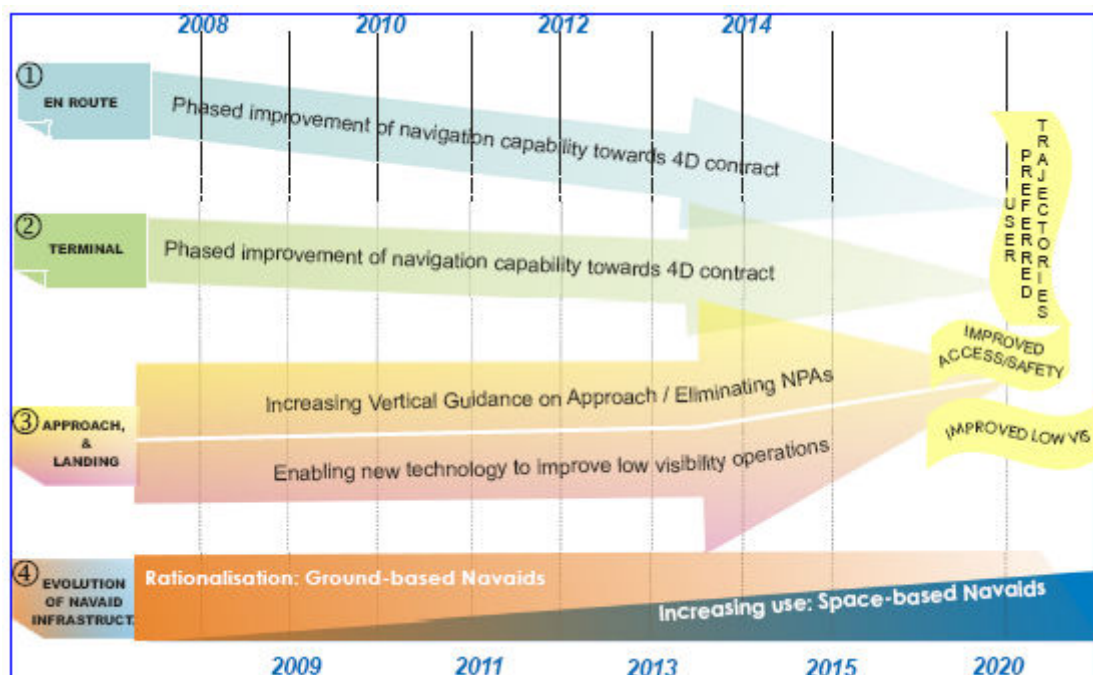
- Obrázek 2-1 poskytuje navigační strategii – druhová mapa cest zaměřená na navigační strategii rozdělenou do čtyř strategických proudů.
- Obrázek 4-1 ukazuje navigační strategii – druhová mapa cest obsahující strategické kroky.
- Obrázek 4-2 zobrazuje detailní mapu cest navigačních aplikací.
- Obrázek 4-3 zobrazuje detailní mapu cest navigačních prostředků infrastruktury.
-

2.2.2 STRATEGICKÉ TOKY NAVIGAČNÍ STRATEGIE

Implementace budoucího konceptu a dosažení spojených výhod nebudou možné bez významného zlepšení výkonu letecké navigace napříč většinou ECAC flotily.

Navigační strategie odráží tuto realitu s jeho čtyřmi strategickými proudy pokrývající vývoj vývojových trendů navigace až do roku 2020. Každý strategický proud (s jeho spojenými kroky) je nedílná část celkové strategie.

Pro usnadnění porozumění těchto strategických proudů a jejich vzájemných ovlivňování je celkový pohled každého strategického proudu poskytnutý na obázku 2-1.



Obrázek 2-1: Všeobecná mapa proudů navigační strategie [15]

2.2.2.1. Odůvodnění pro strategické toky 1 & 2

V současnosti je povinná doprava RNAV 5 (předtím B-RNAV) v ECAC nad definovanou minimální letovou hladinou pro tratě IFR provozů. P-RNAV způsobilost je potřebná pro RNAV přilety a odlety v terminálovém vzdušném prostoru. Nicméně není žádné RNAV nařízení pro terminálový vzdušný prostor a velký poměr publikovaných letových přístrojových procedur v ECAC, stejně jako SID a STAR jen požaduje konvenční způsobilost navigace podporované VOR či NDB.

Procento letů v ECAC schválených pro P - RNAV se zvětšuje, dosahují 80-90% v mnoha terminálových vzdušných prostorech. Toto opravňuje státy a letecké operátory k tomu, aby uveřejnili P-RNAV příletové a odletové procedury a překonfigurovali terminálový vzdušný prostor k tomu, aby poskytovali účinnější služby. Tento proces bude pokračovat v období do roku 2015 a mohl by zahrnovat požadavek pro P - RNAV schválení v určitém vzdušném prostoru. Toto by mohlo mít za následek významné zmenšení, nebo dokonce odstranění schopnosti operovat v některých terminálových vzdušných prostorech bez P - RNAV schválení.

V období po roce 2015 zavedením více náročných systémů vzdušného prostoru bude urychlením pro další krok v RNAV aplikacích. Potřeba pro těsně rozloženou paralelní trať společně s paralelním vyrovnaním rozestupů udržovaných během otočení bude požadovat funkčnost nového RNAV/FMS. Míra spolehlivosti na RNAV očekává, že dosáhne úrovně kde bude pokročilá RNP způsobilost požadovaná pro přilety a odlety (A-RNP 1).

Dlouhodobý SESAR provozní plán pro 2020+ volá po 4D obchodních trajektoriích. Zatímco 4D kontrakty jsou předpovídané po roce 2020, FMS jsou již dodávány se způsobilostí požadovaného času příletu. Koncept 2015 vzdušného prostoru a strategie identifikuje potřebu použití RTA na trati k podpoře přepracovaného systému

vzdušného prostoru po roce 2015. Současná RTA přesnost je poněkud omezená v klesání, ačkoli nové verze softwaru byly uvolněny FMS výrobci a jsou postupně překonávána tato omezení. Použitím zvětšené RTA funkčnosti jako kroku k plným 4D schopnostem je očekávané, že přinesou provozní výhody v časovém období okolo 2015 - 2020.

2.2.2.2. Odůvodnění pro strategický proud 3

Strategický proud 3 má dvě části. První který umožňuje jiné druhy přiletů založených na RNAV. Druhý oslovuje přesné přiblížovací a přistávací provozy založené na alternativách k nynějšímu normalizování systému přistávání pomocí přístrojů (ILS).

RNAV PŘIBLIŽOVACÍ SCHOPNOSTI

RNAV přiblížení jsou směřované na rozvírající se použití proudů 1a 2 (které poskytují RNAV způsobilost traťovou a TMA s měrem dolů k finálnímu přiblížovacímu fixu (FAF)) k RNAV provozům s vertikálním vedením do výšky rozhodnutí, nahrazením konvenčního nepřesného přiblížení. Toto bude možné zvětšeným použitím satelitní navigace ve shodě s GNSS politikou za předpokladu, že bude:

- Lepší přístup k letišťům povolenými nižšími provozními minimy než konvenční nepřesné přiblížovací (NPA) procedury.
- Zvětší se bezpečnost obstaráním vertikálního vedení pro konečné přiblížení.
- Větší flexibilita pro traťové návrhy.
- Zvětšená kapacita na letištích.
- Zlepšený letištní přístup

Přesná přiblížení jsou nejbezpečnější a prakticky veškerá letadla jsou vybaveny ILS. Nicméně, není hospodářsky proveditelné či dokonce prakticky možné instalovat ILS vybavení na všech koncích ranveje. Je tam mnoho důvodů způsobujících že ILS systémy jsou mimo provoz kvůli údržbě či letištním pracím požadujícím alternativní přiblížovací procedury. Konvenční NPA obvykle poskytují záložní řešení, ale to obvykle degraduje letištní přístupnost kvůli významně vyšším minimům. Zavádění RNAV přiblížení s vertikálním vedením by poskytovalo zlepšení ve srovnání s konvenčními NPA procedurami, jak v rámci bezpečí tak v rámci letištní přístupnosti. LPV procedury (výkonnost dráhového majáku s vertikálním vedením), poskytující ILS lokalizační postranní přesnost, a RNP AR APCH může také sloužit k umožnění nezávislých paralelních přiblížení během ILS vyřazení, kde by nebylo možné použít NPA procedury když jsou použity aby nahradili ILS. Americká verze SBAS demonstrovala výkon a má monitorovací prostředí dostatečné k tomu, aby umožnilo LPV implementaci s 200 stopami výšky rozhodnutí. Jedna zkušenost byla získána s EGNOS operacemi, očekává se že dosažený výkon dovolí podobné operace.

(a) postranní vedení

Větší flexibilita a typicky zlepšená postranní přesnost udělá RNAV přiblížení příznivé pro komplexnější letištní prostředí, kde překážky či okolní prostředí nutí k omezení použití konvenčních procedur.

Navíc, RNAV přiblížení mohou být snadno implementované na všech koncích ranveji na letišti v

nízké ceně od poskytovatele vzdušných navigačních služeb (ANSP) a poskytovat bezpečnou přiblížovací způsobilost koncům ranvejí které neměly přiblížení podle přístrojů.

(b) vertikální vedení

Primární výhoda pro RNAV přiblížení je zvětšená bezpečnost protože nepřetržité vedení klesání je poskytnuté letecké posádce. Toto dělá přiblížení snadnější k letání a snižuje šance na řízený let do terénu (CFIT), vyhne se ponoření se a řízení přiblížení. Souběžné klesání finálního přiblížení (CDFAS) také nabízejí environmentální výhody ve srovnání s krokovým klesáním, v rámci zmenšeného hluku a palivového použití. Snížení minim s ohledem na konvenční NPA procedury také může být dosaženo zvláště skrz APV s geometrickým vertikálním vedením, které může dovolit úspěšné přiblížení v podmínkách jež by jinak způsobily událost přerušení (zpoždění, odchýlení či zrušení).

ICAO rozhodnutí shromáždění

To je dobře uznávané všude společenstvím které zavádí RNAV přiblížení s vertikálním vedením a poskytuje bezpečnostní výhody. ICAO vydalo rozhodnutí na 36. setkání shromáždění konaného v září 2007, povzbuzující státy realizovat sestupy s vertikálním vedením na všech koncích ranvejí. Každý z druhů APV přiblížení (APV-BARO/VNAV či SBAS APV) může být implementovaný k přizpůsobení podle tohoto doporučení.

ZPŮSOBILOSTI PŘISTÁNÍ (PŘESNÉ PŘIBLÍŽENÍ)

Standardní systém přesných přiblížovacích majáků (ILS): ILS systémy aktuálně poskytují globálně velmi účinnou službu pro přesné přiblížení a přistávací operace. Je jasné že přechod z ILS na GBAS nebude rychlý a že síť ILS se bude udržovat do dohledné budoucnosti. Nicméně, ILS systémy čelí problémům v rámci multi traťových účinků, míra citlivých oblastí a omezení rádiového spektra které se stávají postupně víc kritické. Toto je zvláště případ v ECAC kde expanze letištní infrastruktury je rychlá a požadavky a hustota Cat II/III provozů je nejvyšší na světě. V těchto případech, GBAS a MLS jsou potenciální kandidáti k nahrazení ILS.

Mikrovlný přistávací systém (MLS): Kde nemůže být použito úrovně služby ILS Cat III, MLS je považovaný za kandidáta k nahrazení ILS Cat III v časovém období 2008-2015 a protože poskytuje výhody kapacity provozu za nízké viditelnosti.

Systém pozemních referenčních stanic (GBAS): GBAS má způsobilost k tomu, aby poskytovala zvětšenou kapacitu podporováním pokročilejších operací jako:

- Počítat se zvětšenými flexibilními přiblíženími k hladké cestě, jako velmi výkonné RNP přiblížení a vícenásobné přiblížení k jednotlivým vzletovým a přistávacím dráhám (spojený s pokročilými řídicími zařízeními).
- Rostoucí flexibilita letištních ranvejí umožňující přesné přiblížení na všech koncích ranveje letiště současně.
- Údržba letištní výkonnosti během provozu za nízkých viditelnostních podmínek.
- Zvýšení dostupnosti těsně rozložených paralelních přiblížení.

Implementace GBAS neukáže rychlé nahrazení ILS ale může být hospodářsky proveditelná a provozně přijatelná na místním základu pro rostoucí počet letišť a

uživatelů vzdušného prostoru založeného na pokrokových vývojových trendech v období příštích pár let.

Stanice GBAS Cat I jsou považované za prozatímní kroky k vývoji stanice GBAS Cat II/III. Je očekávané že GBAS standardy a vývojové trendy budou nakonec podporovat operace Cat II/ III založené na kombinovaném použití signálů přicházejících z jiných satelitních systémů (jako: GPS, Galileo a GLONASS). Aktuální vývojové trendy v technice a úrovni normalizování směřují k dosažení schopností Cat II/III založených na GPS s jen jednou frekvencí (L1) rozšířený dodatečnou palubní a pozemní způsobilostí. V tomto případě opatření která by dovolila přechod z aktuálních vývojových trendů k multisatelitnímu schématu by měla být udělána jak umožní dosažení způsobilosti Cat II/III.

Cena je jedním z klíčových řídicích faktorů v přechodu z ILS na GBAS. Letecká elektrotechnika bude muset zahrnout GBAS. To bude zvláště účinné jestli GBAS umožní nesterjné vypadající provoz jako ILS (například RNP). Zpočátku bylo očekávané že jen několik letadel by bylo dodatečně vybaveno GBAS vybavením, ale počet dodatečných vybavení bude velkou měrou záviset na dodatečném vybavení letecké elektrotechniky a určením ceny. Kde se předčasně vyskytl GBAS, tak cena byla relativně nízká a je očekávané že jednou všichni komerční letečtí výrobci budou nabízet GBAS způsobilost jako standardní vybavení. Očekává se že nastane zvýšení, ale v časovém období této strategie ještě omezené použití rozšiřujících systémů vidění (EVS) a syntetických systémů vidění (SVS) k poskytování zvětšené provozní způsobilosti.

2.2.2.3 Odůvodnění pro strategický proud 4

Poznámka: Tento strategický proud efektivně umožní strategické proudy 1-3, zatímco současně odráží dopad na navigační prostředky infrastruktury ve strategických proudech 1-3.

GNSS nabízí základ pro zdroj polohových informací schopných použití pro všechny fáze letu. EUROCONTROL politika k GNSS předpokládá postupné spolehnutí na satelitní navigace směrem k jeho užívání jako jedinou službu navigace, za předpokladu, že bude nejvíce cenově prospěšným ATM řešením a že uspokojí bezpečnostní a spolehlivostní požadavky. Víze pro zavádění této politiky je založená na kombinovaném použití signálů přicházejících z přinejmenším dvou satelitních systémů navzájem s rozličnými radiofrekvencemi. Uživatelské přijímače budou zpracovávat signály z různých GNSS systémů v kombinaci s rozšířenými (například ABAS, SBAS v závislosti na individuálních obchodních případech, požadavcích a fázích letu). Polohovou přesnost měření poskytuje základní GNSS (GPS) překonává některé pozemní signály navigace užívané pro prostorovou navigaci a poskytuje tuto schopnost globálně. Avšak GPS má omezené použití v první řadě způsobené riziky spojenými s nepřetržitostí služby. Navíc jeho choulostivost na úmyslné rušení není horší, a v nějakých aspektech menší než pozemních systémů, dopad takového úmyslného rušení by mohl být větší. Vesmírná a pozemně založená rozšiřování zvětší přesnost a dostupnost ale neodstraní náchylnost k úmyslnému rušení z úmyslného činů nebo slunečních událostí. Jediný satelitní systém jediné frekvence (GPS) signálů, má potenciál pro poruchy běžného charakteru které mohou ovlivnit velké části vzdušného prostoru. Toto omezuje důvěru kterou mohla získat GNSS jako výhradní provozní služba. Modernizace GPS a GLONASS a očekávané

dostupnosti Galileo kolem roku 2015 by mohla překonat mnoho ze základních omezení dnešní GPS. Očekávaná dostupnost téměř 60 družic (z GPS a GALILEO), vysílající na dvou frekvencích (potenciálně víc než 80 jestli GLONASS bude v plném provozu) poskytne velmi robustní systém s vysokým nadbytkem a přesností a s plnou časovou dostupností palubního ověření integrity. Četnost GNSS prostředí osloví většinu zájmů příbuzného s poruchou všeobecného charakteru, sníží riziko úmyslného rušení a zlepšení úrovně vlivu ionosféry přijímače. Dopad GNSS signalů ve vzdušném selhání na ATM je víc kritický než dopad selhání individuálního pozemního zařízení kvůli velikosti vzdušného prostoru který by mohl být ovlivněný. Studie ukazují dvě hlavní překážky pro dosažení podkladního servisního konceptu, úmyslnou interferenci (např. přetížení) a efekt sluneční aktivity na GNSS signálech. Zatímco počáteční simulace demonstrovaly že ATM metody zmírnění mohou být aplikované úspěšně, zůstává dokázané že tato opatření mohou být všeobecně použitelná. Rozsáhlé použití letadlových rozšiřujících systémů (ABAS) včetně inerciální souřadnicové soustavy zmírní důsledky GNSS selhání, zvláště na trati a terminálových provezech. Dohoda založená na spolehlivosti, bezpečnosti, ekonomice, provozních aspektech, efektivitě zmírnění rozsahů a ATC pracovní náplně v případě GNSS provozních poruch budou definovat nejlepší rovnováhu mezi ATM požadovanou úrovní GNSS, robustností a velikostí záložní pozemní síť (například množství DME a ILS), vtom případě by bylo potřebné dlouhodobé zvažení ATC pracovní náplně v případě GNSS provozních poruch. Zatímco počáteční analýza rizik a vyhodnocení zmírnění identifikovalo, že dopad GNSS selhání přes širokou oblast může být účinně ovládaný ATM. Provozní zkušenosti budou potřebné jako část procesu potvrzující tyto výsledky před jakýmkoliv udělaným pohybem k celkovému GNSS prostředí.

2.3 ECAC

O organizaci ECAC :

Byla založena v roce 1955 jako mezivládní organizace, cílem je podporovat pokračující vývoj bezpečnosti, a udržovat účinný a udržitelný evropský vzdušný dopravní systém.

ECAC usiluje o:

- sladit občanskou politiku letectví a praxe mezi jeho členskými státy
- podporovat porozumění na politických záležitostech mezi jeho členskými státy a jinými částmi světa.

ECAC je ve skutečnosti fórum pro diskusi o každém významnějším tématu civilního letectví spolupracující s ICAO, JAA a EUROCONTROL. To pohlíží na sebe jako zastupující hlas pan-evropského civilního letectví.

ECAC aktivně hledá a podporuje uspořádání, porozumění a kontakty s jinými oblastními organizacemi a státy na řadě občanských vydání obecného zájmu letectví. ECAC vydávají rozhodnutí, doporučení a programová prohlášení která vstoupí v účinnost jeho členskými státy.

ECAC nabízí fórum pro diskusi a rozhodnutí evropským ministrům Transportu. Konference provádí v pravidelných intervalech mezinárodní sympozia a semináře.

ECAC Státy :

ECAC pokrývá nejširší skupinu členských států evropské organizace jednající o civilním letectvím. Aktuálně se skládá z 44 členských států:



ECAC Navigační strategie

ECAC strategie navigace byla vyvinutá s uživatelskými požadavky. Hlavní cíl strategie je poskytovat harmonizovaný a integrovaný běžný rámec který dovolí ekonomický, zákaznický orientovaný vývoj evropského vzdušného navigačního systému během doby 2008-2020. Vývoj je popsán v lhůtách k plnění, funkčnost a odpovídající infrastruktura bere patřičně v úvahu princip globální součinnosti. Navigační strategie podporuje operační vývojové trendy navrhované ATM 2000+ strategie směrem k implementaci jednotného evropského vzdušného provozního systému řízení. Toto je ve shodě s implementací ICAO Global Air Navigation plánu pro CNS/ATM systémy v ECAC.

Obzor času strategie je rozčleněný na trojfázový: krátkodobý (2008-2015), střednědobý (2015-2020) a dlouhodobý (2020 a za), a to je také ve shodě s jinými EUROCONTROL strategiemi.

Hlavní strategické proudy směřují k:

- dosažení celkového výkonového RNAV prostředí s definovanými RNP hodnotami pro všechny operace ECAC.
- usnadňující implementace konceptu 'volných tratí'.
- podporování pokračujících operací letadla s nižšími schopnostmi dokud to bude provozně proveditelné.
- zavádění 4D RNAV operací k tomu, aby podporovaly přechod k plnému managementu letu brány k bráně.
- podporování pokračujících operací ve shodě s principy celkového ATM 2000+ strategie.
- poskytovat polohová a navigační data v požadované výkonové úrovni k podpoře různých aplikací v ATM/CNS prostředí.
- zajištění rozvážené vesmírné infrastruktury a racionalizace podporování umístění pozemní infrastruktury pro všechny fáze letu, a tím zajištění přechodu k GNSS, ve shodě s ICAO doporučeními.

Rozšíření navigační funkčnosti umožní zlepšení návrhu vzdušného prostoru (strukturu, sektorizace, spojená cestovní síť, platný cestovní rozestup, minima rozestupů a povinností, a tak dále), a poskytovat vysokou míru flexibility pro letecké operace. Nakonec, s podporou vhodných ATM nástrojů, operátoři budou schopni provádět jejich lety v souladu s preferovanými trajektoriemi, dynamicky přizpůsobené, v optimálním a cenově efektivním způsobu provozu.

Navigační strategie rozpoznává objevení satelitní technologie a jeho budoucí role v globálním prostředí navigace. Ať tak nebo onak, je očekávané (založený na aktuální znalosti), že poměr technologického vývoje systému a času potřebného pro řešení institucionálních omezení bude mít za následek potřebu umístění na zemi náhradního systému pro GNSS pro předvídatelnou budoucnost pro všechny fáze letu.

Navigační strategie chce dosáhnout harmonizovaného vývoje celkového navigačního systému. V rámci této strategie, státy mohou dát přednost jedné volbě implementace nebo další k tomu, aby odrážela regionální a místní rozdíly a poskytovala hmatatelné a brzké výhody pro uživatele. Dostupnost výhod by měla povzbuzovat dohodu a závazek uživatelů k realizačním plánům. To bude pomáhat hladkému přechodu k novým systémům a minimalizaci doby která bude nezbytná k dosažení funkčnosti.

Strategie vzdušného prostoru :

Pro tento koncept k tomu, aby se stal realitou a součástí sítě vzdušného prostoru, procesy a systémy obojí vzdušná a pozemní část se bude muset vyvíjet ve čtyřech strategických proudech:

- Terminálové cesty a složení
- ATC sektory
- ATS tratě
- Řízení sítě vzdušného prostoru

Strategie vzdušného prostoru popisuje jak bude dosaženo návrhu použitím 35 strategických kroků ve čtyřech strategických proudech

ECAC Airspace Concept do roku 2015 předpokládá :

- Vytvoření vzdušných prostorů a použitá uspořádání podle specifických evropských ATM sítí a její strategické cíle v odpovědi na uživatelské požadavky.
- The associated Airspace Network Management.

Tato vize je založená na podložených principech flexibility, normalizace a společenství mezi partnery a spoléhá se na dostupnost realistické sady součástí schopných odpovídat na různé požadavky ECAC oblasti.

Na trati a v terminálovém vzdušném prostoru, uspořádání se odkazuje na předdefinované souřadnice ATS tratí z ARN nebo Terminálové tratě a spojený vzdušný prostor uspořádává (zahrnující dočasné vzdušné prostory rezervaci) a ATC sektorizace.

- Traťový vzdušný prostor, konfigurace vzdušného prostoru se mají skládat s předdefinované pevné a pružné směřující volby či optimalizované trajektorie a optimální ATC sektorizace schopné byti dynamicky přizpůsobený požadavkům dopravy. Konfigurace vzdušného prostoru bude aktivovaný skrz CDM proces, v závislosti na řídicí strategii pro specifickou zeměpisnou oblast a časovou periodu.
- V terminálovém vzdušném prostoru, konfigurace vzdušného prostoru bude obsahovat v první řadě vnitřní terminálovou strukturu vzdušného prostoru.

Konfigurace vzdušného prostoru mohou být aktivovány v závislosti na konfiguraci ranveje používané na jednom nebo více letištích a řídicí strategii a specifické době.

Konfigurace vzdušného prostoru budou nabízet úroveň přizpůsobivosti podle požadavků uživatele vzdušného prostoru v možném rozsahu údržby efektivnosti nákladů a optimalizace celkové účinnosti. To dovolí nejefektivnější rovnováhu mezi kapacitou, účinností a letovou efektivitou.

3. Současné i rozvíjející se technické možnosti navigace

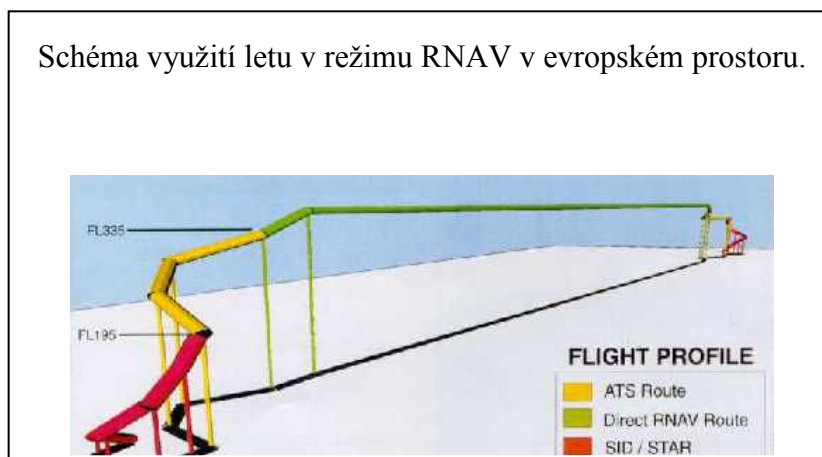
3.1 Systém RNAV

Systémy RNAV jsou rozdělovány v závislosti na přesnosti na dva druhy. První z nich je základní (Basic) zařízení označované B-RNAV. Ten musí splňovat požadavky nezbytné pro traťové létání odpovídající přesnosti navigace při letu po standardní trati definované majáky typu VOR se vzdáleností do 100 NM (dle definice ICAO jde o přesnost stupně RNP5). Jde o minimální přesnost ± 5 NM od osy trati v 95% případů. Zařízení tohoto typu lze využívat pro traťové vedení nebo při letu po trati definované pomocí RNAV bodů. Tuto přesnost zajišťují většinou zařízení se senzory typu VOR/DME.

Další, přesnější je kategorie přesných (Precision) zařízení označovaná jako P-RNAV. Zde je již požadovaná přesnost vždy do $\pm 0,5$ NM od trati. Tuto přesnost umožňuje použití navigace DME/DME s automatickým počítačovým vyhodnocením. Umožní nejen traťovou navigaci, ale i velmi flexibilní možnost pro potřeby navigace na příletových a odletových tratích v TMA. Pro tyto účely se v případě uvolnění GPS jako základního navigačního zařízení předpokládá využití principů DGPS.

Od roku 1998 je RNAV používán jako základní navigační systém v horním vzdušném prostoru kontrolovaném institucí EUROCONTROL (s přesností stupně B-RNAV), i když i zde zatím zůstávají standardní letové cesty po radiomajácích v provozu. Jsou

Schéma využití letu v režimu RNAV v evropském prostoru.



těž v některých státech vytvářeny v nižších letových hladinách případné stálé a dočasné pevné definované a vyhlášené RNAV tratě. Zde jsou však stále za základní považovány standardní navigační postupy a lety s pomocí RNAV jsou odlišné pouze využíváním RNAV definovaných bodů místo skutečných majáků. Již tento systém umožňuje při plném zavedení zvýšení propustnosti vzdušného prostoru až o 30%

oproti klasickým postupům. Předpokládá se též postupné vybavování letadel systémy P-RNAV s možností využití pro přiblížovací a odletové postupy. Předpokládá se plné využívání systémů RNAV pro lety po trati a rozsáhlé využití při letu v TMA a postupné omezování standardních systémů traťové navigace a s tím související vyřazování zejména některých NDB a VOR zařízení. Je nutné zde uvést, že tento systém klade v případě rozsáhlejšího zavedení vysoké nároky na systémy ŘLP a bude vyžadovat jejich rozsáhlou modernizaci s možností nejen taktické ale i strategické predikce konfliktů a též automatických návrhů řešení případných hrozcích konfliktů.

Struktura profilu letu a využití navigačních systémů. Viz příloha A Obrázek 3-1.



Obrázek 3-2 Předpokládaný vývoj systému RNAV.

PROVÁDĚNÍ LETŮ RNAV V PODMÍNKÁCH RNP

Nepřetržitý růst pohybů letadel vyvolává trvalý růst požadavků na zvýšení propustnosti vzdušného prostoru a vyžaduje nezbytnost optimálního využití vzdušného prostoru. Tyto skutečnosti, doplněné nezbytností zajištění hospodárního provozu (díky využití přímých tratí a přesnosti dodržování tratí) a také zvýšená přesnost současných navigačních systémů předurčily zavedení koncepce RNP. Koncepce RNP stanovuje charakteristiky navigace v rámci dané části prostoru, a proto ovlivňuje jak vzdušný prostor, tak i letadlo. RNP jsou předurčeny charakterizovat vzdušný prostor pomocí ukazatele přesnosti dodržování navigačních charakteristik (typ RNP), který je nutno zajišťovat v rámci tohoto vzdušného prostoru. Typ RNP je založen na dodržování přesnosti navigačních charakteristik, které, jak se předpokládá, budou zajištěny nejméně v průběhu 95 % času všemi typy letadel, které letí v daném prostoru. Zavedení koncepce RNP svědčí o tom, že současné palubní navigační systémy jsou schopny zajistit plánovanou úroveň přesnosti dodržování navigačních charakteristik a že na základě těchto navigačních systémů se může efektivněji využívat daný vzdušný prostor.

Předpokládá se, že většina letadel, které poletí v podmínkách RNP, budou mít některý typ vybavení RNAV. Existence vybavení RNAV na palubě dokonce může být v některých prostorech nebo státech povinná.

Vybavení RNAV automaticky stanoví polohu letadla na základě údajů od jednoho nebo několika zdrojů. Počítají se vzdálenosti podél trati u hodnoty bočních odchylek od trati s cílem zjistit vypočtený čas letu do vybraného bodu trati, a také se zajišťuje nepřetržitá indikace navedení na trať (např. s využitím indikátoru plánované situace -

HSI). Požadavky na přesnost platné v některých státech předpokládají, že vybavení RNAV musí být nebo může být spojeno s autopilotem. Zajišťuje se také možnost získání širokého spektra pomocných navigačních údajů.

Použití metod RNAV v rámci koncepce RNP dovoluje realizovat let v libovolném vzdušném prostoru v rámci předepsaných požadavků na přesnost polohy. Přitom je zrušena nutnost letu bezprostředně nad pozemními navigačními prostředky.

Zkušenosti s použitím metod RNAV v různých částech světa dokazují řadu jejich předností nad obvyčejnými způsoby navigace.

Jedná se o možnosti:

- a) zavedení přímějších tratí, které dovolují zkrátit proletěnou vzdálenost,
- b) zavedení blízko položených nebo paralelních tratí pro zajištění intenzivnějšího toku letového provozu při letu po trati,
- c) zavedení oblétačujících tratí pro letadla, které by měly prolétávat nad prostory s vysokou intenzitou pohybů,
- d) zavedení alternativních nebo rezervních tratí na plánovaném nebo speciálním základě,
- e) zajištění optimálních poloh letů v prostoru vyčkávání,
- f) snížení počtu pozemních navigačních prostředků.

Existuje také možnost použití RNP pro stanovení optimálních tratí přiletu/vzletu a způsobu přiblížení na přistání. Všechny tyto přednosti znamenají reálné výhody pro státy, orgány ATS a provozovatele.

Použití RNP v některém vzdušném prostoru

V ideálním případě je třeba ve vzdušném prostoru použít jeden typ RNP. Přesto, v definovaném prostoru, mohou současně být použity různé typy RNP. Např. přesnější typ RNP (DME/DME) se používá pouze na konkrétní trati v prostoru nebo méně přesný typ RNP se používá v některé určené části prostoru.

RNP se mohou používat od okamžiku vzletu do přistání, přitom v různých etapách letu se mohou předpokládat různé typy RNP. Např. typ RNP pro vzlet a přistání může být nezvykle přísný a současně typ RNP na trati může požadovat méně přísné charakteristiky.

Návaznost RNP na minimální rozstupy

RNP představují samy o sobě požadavky na navigaci a jsou pouze jedním faktorem, který se použije při stanovení požadovaných minim rozstupů. Pouze RNP nemohou a neměly by charakterizovat nebo definovat normy nebo minima rozstupů. Před tím, než libovolný stát bude přijímat rozhodnutí o stanovení tratí a minimech rozstupů, tento stát musí také posoudit infrastrukturu vzdušného prostoru, která zahrnuje sledování a komunikace. Mimo to, stát musí uvažovat další parametry, např. možnost zásahu řídicího letového provozu, propustnost, strukturu, vzdušného prostoru a obsazení tratí nebo intenzivnost letů (kritický čas). Obecná metodika stanovení minim rozstupů je rozpracována Skupinou expertů RGCSP (také viz Cirkulář ICAO č. 120). RNP představují základní parametr spojený se stanovením bezpečných norem rozstupů. Riziko střetnutí závisí na navigačních charakteristikách, kritickém čase pro letadlo a vlastností systémů zasahovat do řízení při odvrácení střetnutí nebo dodržení požadované úrovně navigačních charakteristik. V důsledku zvýšení intenzivnosti letů se může posuzovat otázka změny využití vzdušného prostoru (např. minima rozstupů, konfigurace tratí), při zachování přípustné úrovně růstu. Při analýze riziku střetnutí tuto přípustnou úroveň riziku je zvykem nazývat cílovou úrovní bezpečnosti letů (TLS). Jiné označení se mohou použít při různých konkrétních

analýzách. Po stanovení kritérií rozstupů a TLS je možno stanovit minimální úroveň charakteristik, které stanovují parametry systémů ve vzdušném prostoru spojené s navigací a zásahy do řízení.

Charakteristiky letadel

Koncepce RNP je založena na očekávané přesnosti dodržování navigačních charakteristik všemi typy letadel, které využívají daný vzdušný prostor. To znamená, že jednotlivá letadla, výrobci a provozovatelé letadel musí zajistit navigační charakteristiky v horizontální rovině, nezbytné pro splnění každého letu v prostoru s konkrétním typem RNP. Koncepce RNP také může vyžadovat existenci různých funkčních možností na letadlech v prostorech s různými typy RNP. Např. v prostoru s vysokou přesností RNP se mohou předpokládat funkční požadavky na lety po blízkých paralelních tratích a současně v prostoru s méně přesnými RNP se může požadovat pouze navigace podle kontrolních bodů.

Zajištění provozu v podmínkách RNP

Protože RNP představují ukazatel přesnosti dodržení navigačních charakteristik, na stát a provozovatele jsou kladeny povinnosti zajistit nezbytné vybavení pro dosažení požadované přesnosti navigačních charakteristik.

Stát musí garantovat, že zajištění provozu (t.j. komunikace, navigace a sledování - CNS) v rámci posuzovaného vzdušného prostoru zajistí bezpečné rozstupy při stanovených normách rozstupů. Provozovatelé letadel (a stát registrace) musí zajistit u letadel, u kterých se předpokládají lety do prostorů s konkrétními RNP, odpovídající vybavení pro dosažení požadovaných navigačních charakteristik. Je třeba říci, že požadované RNP se může dosáhnout různými způsoby, ani stát ani provozovatelé nejsou omezováni ve způsobu dosažení RNP, pokud mohou předvést dosažení požadavků.

Koncepce Požadované navigační výkonnosti (RNP)

Obecné aspekty RNP

Zavedení RNP dovozuje zvýšit propustnost a efektivnost systému ATS při současném zachování nebo zvýšení dosažené úrovně bezpečnosti letů. Odpovídající typy RNP byly rozpracovány s cílem zajištění známých úrovní přesnosti navigace a uvážení jich při plánování a návrhu struktury vzdušného prostoru, pravidel řízení letového provozu a provozních postupů. Státy by měly určovat prostředky, s pomocí kterých se budou dodržovat odpovídající charakteristiky v rámci zadaného vzdušného prostoru a informovat o nich.

Typy RNP pro lety po tratích se stanovují v souladu s přesností dodržování navigačních charakteristik v horizontální rovině, to je dodržování polohy v bočním a podélném směru. S cílem zjednodušení použití RNP při plánování vzdušného prostoru se tato přesnost vyjadřuje jedním parametrem - velikostí dodržování.

Velikost dodržování představuje vzdálenost od plánované polohy, v rámci které se letadlo bude nacházet v průběhu minimálně 95 % celkového letového času. Není možné kvantitativně stanovit maximální vzdálenost, na kterou se letadla mohou odchýlit vně tohoto konkrétního vzdušného prostoru.

V 95 % případů odchylky budou uvnitř oblasti, která má přibližně eliptický tvar. Přesto pro zjednodušení použití RNP, při plánování vzdušného prostoru je možno uvažovat, že odchylky leží v rámci kruhu, středem kterého je zadaná poloha letadla. Např. jestliže přesnost některého typu RNP charakterizuje 1,85 km (1 m. míle), to značí, že

v průběhu 95 % celkového letového času bude dodržovat polohu v rámci odchylek do 1,85 km (1 m. míle) od své polohy určené službou ATC.

V současné době se při stanovení typů RNP pro lety po tratích neuvažuje čas nebo přesnost navigace ve vertikální rovině. Navigace ve vertikální rovině při letech po tratích bude založena v blízké budoucnosti na změnách barometrické výšky. Jestliže v tomto směru se objeví libovolné změny, může to vyžadovat zvážit charakteristiky navigace ve vertikální rovině při určování klasifikačních kritérií.

Typy RNP

S cílem zjednodušení typů RNP a zajištění rychlé představy u specialistů plánování vzdušného prostoru, výrobců a provozovatelů letadel a požadované přesnosti se typ RNP definuje hodnotou přesnosti, která platí v daném prostoru RNP. Např. RNP 1 předpokládá přesnost dodržování navigačních charakteristik do 1,85 km (1,0 m. míle), to je v rámci daného prostoru navigační charakteristiky se dodržují všemi typy letadel s přesností do 1,85 km (1,0 m. míle) s 95 % úrovní dodržení.

V tabulce jsou uvedeny čtyři typy RNP, určené pro obecné použití při letech po tratích. Takovými typy jsou RNP 1; 4; 12,6 a 20, které předpokládají hodnoty přesnosti do plus nebo minus 1,85 km (1,0 m. míle), 7,4 km (4,0 m. míle), 23,3 km (12,6 m. míle) a 37 km (20 m. mil). Zdůvodnění tohoto výběru hodnot přesnosti RNP je uvedeno v dodatku B k ICAO Doc 9613.

Typ RNP 1 se předpokládá pro zajištění nejefektivnějších letů po tratích ATS v důsledku využití nejpresnějších informací o poloze a také RNAV, kde dovolí získat největší pružnost při organizaci tratí, změn tratí a uskutečnění v reálném čase potřebných změn v souladu s potřebami systému. Tento typ také představuje nejefektivnější zajištění letů a organizaci vzdušného prostoru při přechodu z prostoru letiště k požadované trati ATS a v opačném směru.

Typ RNP 4 je určen pro tratě ATS a struktur vzdušného prostoru, založených na omezené vzdálenosti mezi navigačními prostředky. Tento typ RNP se obvykle používá v kontinentálním vzdušném prostoru.

Typ RNP 12,6 zajišťuje omezenou optimalizaci tratí v prostorech se sníženou úrovní zabezpečení navigačními prostředky.

Typ RNP 20 charakterizuje minimální možnosti, které se považují za vyhovující pro zajištění letů na tratích ATS. Předpokládá se, že tato minimální úroveň charakteristik bude dodržována libovolným letadlem v libovolném řízeném vzdušném prostoru v libovolný čas. Struktury vzdušného prostoru, lety nebo pravidla, založené na nižších možnostech než RNP 20 se nebudou zavádět, s výjimkou zvláštních případů.

Přesnější typy RNP budou vyžadovány pro lety v blízkosti většiny letišť, to je při přechodu do prostoru letiště z tratě ATS a naopak. ICAO posuzuje možnost rozšíření koncepce RNP na lety v prostorech letišť.

	Typ RNP			
	1	4	12,6	20
Přesnost polohy dodržována s 95%	±1,85 km	± 7,4 km	± 23,3 km	± 37 km
přesnosti v daném vzdušném prostoru	(±1,0 NM)	(±4,0 NM)	(±12,6 NM)	(±20,0 NM)

Pro zajištění možnosti pokračovat ve využití stávajícího navigačního zařízení bez změny současné struktury tratí, může u některých států vzniknout nezbytnost dočasně zavést RNP 5 v kvalitě odvozené RNP 4.

Je nezbytné uvažovat, že v jednotlivých státech, kde v současné době dosažená přesnost navigace základního parku letadel převyšuje požadavky RNP 4 a pro řízení letového provozu se používají prostředky nezávislého radiolokačního řízení, bude se pokračovat ve využívání šíře koridoru ± 5 km ($\pm 2,7$ NM).

Základní způsob zajištění RNP je založen ve využití vybavení RNAV, které se již široce používá. V mnohých státech a regionech se hromadí zkušenosti s takovými aspekty použití RNAV, jako:

- potvrzení letové způsobilosti a vydání povolení na provoz vybavení,
- plánování vzdušného prostoru, požadavky na rozstupy a rozdělení tratí,
- používané metody, výuka, reklama, výměna informací.

Limitující faktory vzdušného prostoru

RNP se mohou používat ve všech etapách letu. Čtyři typy RNP byly vypracovány pro obecné použití. Očekává se, že přesnější hodnoty RNP se budou používat pro lety v okolí většiny letišť. ICAO posuzuje možnost použití RNP pro lety v prostoru letišť a také pro fázi přiblížení na přistání, přistání a vzletu.

RNP se mohou používat na tratích ATS, což zahrnuje pevné i rezervní tratě.

Pevné tratě RNP

Pevné tratě RNP, to je publikované trvalé tratě ATS, které mohou být plánovány pro použití letadly, která jsou schválena pro provádění letů v podmínkách konkrétního typu RNP. Přitom se nevylučují omezení v době použití tratí a v hladinách letu.

Pevné tratě RNP musí začínat a končit v publikovaných bodech hlášení posádek a nepovinně jsou vybaveny pozemními prostředky. V souladu s požadavky států podél pevné tratě RNP se musí definovat traťové body.

Rezervní tratě RNP

Rezervní tratě RNP, to je publikované tratě RNP, které se mohou plánovat a navrhovat letadlům, která jsou schválena pro provádění letů v podmínkách konkrétního typu RNP v průběhu časově omezených period (hodiny, dny, sezóny).

Mohou se také vytvářet pro uspokojení nenadále vzniklých dočasných potřeb.

Oblast RNP

RNP se mohou používat v některé oblasti, části vzdušného prostoru nebo libovolném vzdušném prostoru stanovených rozměrů. Zplnomocněné orgány mohou požadovat speciální schválení typu RNP pro tratě ATS v rámci dané oblasti RNP.

Kromě toho, v případě schválení státem nebo odpovídajícím zplnomocněným orgánem ATS, pro provádění letů v rámci označených a publikovaných oblastí RNP se mohou plánovat nepublikované tratě (to je volné tratě).

Jejich použití se může povolit:

- a) v uvedených oblastech letových informací nebo oblastech letových informací horního vzdušného prostoru nebo v oblastech jejichž boční hranice jsou dány zeměpisnými souřadnicemi.
- b) v průběhu daných časových period a/nebo
- c) v rámci uvedeného rozpětí hladin letů.

Systém souřadnic pro RNP

Nakolik rozvoj navigačních systémů předpokládá přechod od navigace z pevných stanic k navigaci spojené se zemským povrchem, důležitý význam má geodetický systém použitý pro stanovení faktické polohy.

Geodetické systémy se používají pro stanovení přesné zeměpisné polohy a výšky objektů na povrchu země. Tyto systémy se určují na různých administrativních úrovních (mezinárodní, národní a místní) a vytváří zákonný základ pro určení všech poloh a zajištění navigace. V současné době se na světě používá mnoho zeměpisných systémů, což vede k různým hodnotám šířky/délky jednoho bodu na povrchu země, v závislosti od použitého systému. V některých částech světa jsou rozdíly několik stovek metrů a také chyby nejsou vždy přípustné pro letadla realizující let v podmínkách RNP, zvláště v uzlových oblastech. Kromě toho zvláštní problémy mohou vznikat také při letech po tratích, např. když se uskutečňuje předání letů mezi ACC sousedních zemí, kde se používají různé geodetické systémy. Analogicky programové vybavení palubních systémů řízení letů (FMS) může používat geodetický systém, který se liší od systému používaného pro určení polohy pozemních navigačních prostředků (např. DME) nebo stanovení polohy vzhledem k zemi s pomocí navigačních prostředků typu GNSS. Letové zkoušky v modelových podmínkách vysoce přesných RNP ukázaly na možnost značných chyb v důsledku použití různých geodetických systémů.

ICAO vybralo celosvětový geodetický systém (WGS-84) jako společný celosvětový geodetický systém, protože existuje nezbytnost:

- a) převést souřadnice klíčových kontrolních bodů na letištích a pozemních navigačních prostředků do obecného geodetického systému WGS-84
- b) uskutečnit topografické spojení všech takových bodů se společným standardem, který zajistí optimální přesnost, analogickou přesnosti metod u GNSS; a
- c) předvídat, aby programové vybavení FMS zajišťovalo spojení ke společnému geodetickému systému.

Konečná zodpovědnost za přesnost dat o poloze se klade na státy, přesto se požaduje kolektivní úsilí za zavedení WGS-84 na globálním základě, předtím než systémy určení polohy vzhledem k zemi mohou být přijaty pro všechny typy letecké navigace.

Požadavky na prostor

RNP jsou určeny k charakteristice vzdušného prostoru pomocí stanovených přesností dodržování navigačních charakteristik (typ RNP), které musí být zajištěny v rámci daného vzdušného prostoru při realizaci letů.

Jestliže orgány ATS potřebují zasáhnout do řízení s cílem zabránit letadlu nedodržení tratě, např. v případě poruchy palubního systému, poruchy navigačních prostředků nebo hrubých chyb, musí poskytnout letadlu nezbytnou pomoc, aby se mohlo vrátit do osy tratě a/nebo pokračovat v letu do dalšího bodu tratě.

Postupy ATS ve vzdušném prostoru RNP*Normální postupy*

Postupy ATS ve vzdušném prostoru RNP budou, jako pravidlo, analogické stávajícím postupům ATS a těm, které se plánují pro efektivnější použití RNAV.

Speciální procedury

Ve vzdušném prostoru RNP se mohou předpokládat různé funkční požadavky na různé typy RNP. Např. jeden funkční požadavek v prostoru s některým typem RNP může předpokládat možnost realizace letu ve stanovené vzdálenosti od osy

plánované tratě (paralelní tratě). Tato funkce se může ukázat velmi užitečným nástrojem pro ATC. V některých taktických situacích posunutí paralelní tratě se může použít místo radarového navedení při stanovených podmínkách, např. pro zajištění trvalého stoupání nebo klesání. V strategické úrovni systematické posunutí paralelních tratí se může použít jako způsob zvýšení propustnosti bez snížení úrovně bezpečnosti letů v daném prostoru. Jednotlivé parametry, např. hodnotu vzdálenosti paralelní tratě je někdy nutné uvést v regionálních dohodách nebo dohodách mezi orgány ATS.

Procedury přechodu mezi vzdušnými prostory s různým typem RNP

Protože existuje a může se používat několik typů RNP, je nezbytné podrobně vypracovat postupy přechodu mezi prostory s různým typem RNP. Spolu s dalšími otázkami je třeba posoudit metodu uskutečnění takového přechodu. Z toho důvodu je nezbytné uskutečnit podrobné plánování a rozpracovat následující problémy:

- a) stanovení konkrétních bodů, kde letadla obdrží odpovídající pokyny k přechodu ze vzdušného prostoru s přesnějším typem RNP do prostoru s méně přesným typem RNP.
- b) prověření plánů modelováním po ukončení přípravy plánů přechodu.
- c) předání letových povolení pouze letadlům schváleným pro provedení letů v prostoru s konkrétním typem RNP.
- d) koordinace činnosti všech zainteresovaných stran s cílem uzavření regionální dohody, která by detailně specifikovala odpovídající povinnosti.

3.2 DGPS

Diferenciální GPS (DGPS) je jeden ze způsobů, kterým lze zpřesnit výsledky měření v systému GPS. DGPS je založené na principu na relativním určování polohy. Umožňuje zvýšení přesnosti určování polohy v reálném čase. Výrobci začali své přijímače vybavovat komunikačními kanály pro přivádění do přijímače korekčních údajů z referenčních stanic a provádět tyto korekce v reálném čase. Navíc se po celém světě začali provozovat služby které provozují sítě referenčních stanic a zajišťují nepřetržité vysílání korekčních údajů.

Asi historicky první provozovanou síť vybudovala pobřežní stráž USA. Nejdříve byla síť pozemních stanic budována podél pobřeží a postupně se rozšířila i do vnitrozemí a hlavně podél vodních cest. Podobné systémy existují dnes podél pobřeží a vodních cest i jinde ve světě. Tyto systémy vysílají korekční údaje, které umožňují opravovat svoje měření a zvyšovat tak přesnost určení své polohy. Díky tomu mohou referenční stanice přispět ke zlepšení monitorování integrity systému. Tyto stanice umožňují kontrolovat platnost signálů družic a poskytovat nezávislé zhodnocení stavu družic [28]. Jestliže totiž přijímač referenční stanice zjistí, že je družice pro navigaci nepoužitelná, je referenční stanice schopna vyrozumět uživatele do pěti sekund od zjištění chyby. Dnešní princip používaný v oblasti DGPS je založen na přenášení konkrétní opravných údajů platných pro bezprostřední okolí z referenční stanice do okolních mobilních přijímačů. Vytvoření rozsáhlejší sítě je finančně i provozně velmi náročné. Proto se objevila myšlenka budování rozsáhlých sítí DGPS (Wide Area DGPS - WADGPS), které byli založené na velice řídké síti referenčních stanic a mobilním stanicím by neposkytovali hodnoty diferenčních korekcí, ale jen empiricky popisující chyby oběžných drah družic a chyby vnesené ionosférou a troposférou odvozené s měření referenčních stanic z nichž by si pak mobilní stanice samy spočítaly korekce polohy.

Snadno dostupnou službou DGPS je SBAS, jehož evropskou aplikací je EGNOS. Pro geodetická měření byla v ČR zbudována síť permanentních stanic CZEPOS, která využívá síťového řešení 27 referenčních stanic, jejímž provozovatelem je ČÚZK. Přesnost měření se sítí CZEPOS v poloze je u kódových měření 0,25m, u fázových měření 0,015m.

3.3 Galileo a Egnos

Navigační systém Galileo je plánovaný autonomní evropský Globální družicový polohový systém (GNSS), který by měl být obdobou americkému systému Navstar GPS a ruskému systému GLONASS. Jeho výstavbu zajišťují státy Evropské unie a jejich instituce. Spuštění GNSS Galileo je stále oddalováno a původně měl být provozuschopný od roku 2010. Nyní se plánuje rok spuštění 2014. Projekt byl pojmenován podle italského vědce Galilea Galileiho, který se mimo jiné zajímal i o problémy námořní navigace.

Evropský civilní družicový navigační systém GALILEO bude poskytovat celkem 5 druhů služeb :

- Základní služba (Open Service - OS)
- Služba "kritická" z hlediska bezpečnosti (Safety of Life service - SoL)
- Komerční služba (Commercial Service - CS)
- Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service - PRS)
- Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service - SAR)

Základní služby budou přístupné všem uživatelům bez omezení. Komerční služby budou přístupné placícím uživatelům a ostatní služby jsou určeny pouze pro autorizované uživatele, např. ozbrojené a policejní složky.

Systém GALILEO by měl nalézt využití především v sektoru dopravy v aplikacích vázaných na informaci o zeměpisné poloze. Díky využití dat o poloze vozidel k on-line informacím o dopravní situaci nebo pro vlastní řízení silničního provozu je možné předcházet kritickým dopravním situacím. Silniční a železniční dopravci budou schopni efektivněji monitorovat pohyb svých nákladních automobilů, železničních vozů nebo kontejnerů a také efektivněji potírat krádeže a podvody. Také najde využití v letecké dopravě pro přesnou navigaci letadel od pojiždění až do přistání a pojiždění na stojánku.

GALILEO přináší prospěch i v oblastech mimo dopravu(např: přesné měření času, lokalizace nehod pro opravu produktovodů, inteligentní zemědělství, ochrana osob proti kriminalitě). Dále také může sloužit k měření deformací, k přesnému určení překážky na dně řeky, ke sledování skládek nebezpečných odpadů, k přesnému sledování pohybu mraků exhalací a oblaků radioaktivních látek, ke sledování a evidování svozu komunálního odpadu, k přesnému určení a opakovanému vyhledání lokality vzácných a chráněných rostlin nebo ke sledování pohybu zvířat.

3.4 Projekt SESAR - The Single European Sky

Historie:

Představa jednotné oblohy pro Evropu je jednou z dlouholetých. EUROCONTROL byl vytvořený v roce 1960 pro expresní účel vytvoření jednotlivého horního vzdušného prostoru jeho šesti zakládajícími členskými státy. Tento účel byl jen částečně naplněný, ale idea přetrvala dodnes.

V poslední dekádě, letecká doprava narostla víc než o 50%. Evropa nyní má blízko k 8.5 milion letů ročně a až do 28,000 letů na rušných dnech. Kapacita vzdušného prostoru byla zvětšená do 80% od roku 1990.

Tyto výsledky jsou dobré ale růst přepravy se chystá pokračovat. EUROCONTROL očekává že dnešní doprava bude dvojnásobná do 2020 jak jsem řekl předtím. Aktuální systémy s pokračujícími zlepšeními, by měli být schopny ovládat toto zvětšené zatížení do další střední dekády. Radikálnější opatření jsou nezbytná k tomu, aby se vyhnula vážné zácpě. Iniciativa jediné evropské nebe očekává, že položí základy pro jednotný systém který bude schopný obstarávat očekávaný růst přepravy. Projekt Jednotného evropského nebe – Single European Sky (SES) je v současnosti jedním z nejvýznamnějších projektů Evropské komise v oblasti letecké dopravy. Základním principem projektu je reformovat současnou podobu poskytování letových provozních služeb v evropském prostředí a to s cílem zvýšit kapacitu a propustnost vzdušného prostoru při zachování vysoké míry bezpečnosti a maximální kvality poskytovaných služeb.

Rozdělení evropského vzdušného prostoru je fakticky založeno na stejných principech, jako v šedesátých letech minulého století. V Evropě se v současné době nachází 65 oblastních středisek řízení letového provozu, které při své činnosti respektují státní hranice jednotlivých států bez ohledu na hlavní toky letového provozu. Například let z Bruselu do Říma je řízen devíti středisky letového provozu, což je velká zátěž nejen pro řídící letového provozu, ale i piloty zodpovědné za komunikaci s pozemními zařízeními.

Jednotná Evropa

Evropa eliminovala hranice na zemi v roce 1985 jednotlivým evropským trhem. Tím rozebrané ekonomické hranice s 1990 ekonomickou a peněžní unií. Toto je pohled široce udržovaný k tomu že hranice na obloze by neměly existovat. Navzdory velkému úsilí k tomu, aby se zmodernizoval a usměrnil evropský vzdušný systém řízení dopravy zůstává bezpečný ale docela drahý. To je také komplikované různorodými profesními zkušenostmi a omezenými leteckými cestovními sítěmi které, jsou založené na národních hranicích a ne vzdušných dopravních tocích. Jednotné evropské nebe navrhuje legislativní přístup k řešení problémů které aktuálně ovlivní leteckou dopravu stejně jako umožnění ATM zvládat budoucí požadavky.

Jednotný ATM

Jednotné evropské nebe spuštěný Evropskou komisí byl navržený s následujícími cíli:

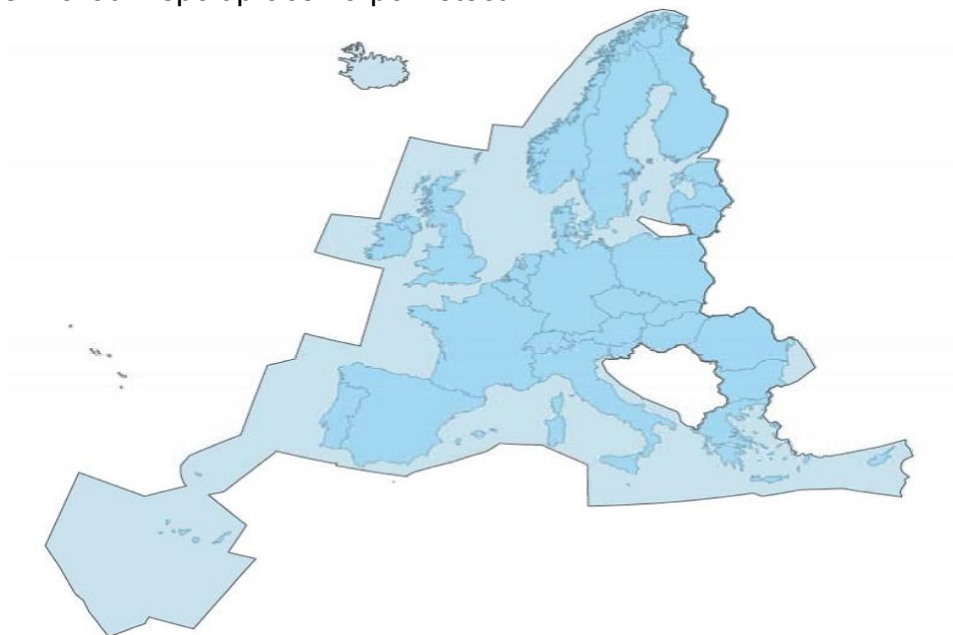
- Přeargumentovat evropský vzdušný prostor jako funkce vzdušných dopravních toků, než podle národních hranic.
- Vytvořit dodatečnou kapacitu.
- Zvýšit celkovou účinnost vzdušného systému řízení dopravy.

Evropská Komise má ATM zákony ze čtyř předpisů pokrývající základní regulační elementy které mají být vyvinuté k tomu, aby dosáhly jednotného evropského vzdušného provozu systému řízení. Jsou to:

- Rámec pro vytvoření jednotné evropské oblohy.
- Obstarání vzdušných služeb navigace.
- Organizace a použití vzdušného prostoru.
- Součinnost evropské manažerské sítě vzdušné dopravy.

EUROCONTROL má značnou odbornou znalost a zkušenost s těmito poli. Odborná znalost a zkušenost která bude aplikována na pomáhání vytvoření jednotného evropského nebe se stává realitou. Následující přistoupení Evropského společenství k EUROCONTROL v říjnu 2002, Evropská komise reprezentující Evropské společenství bude mít stejná práva a závazky jako každý členský stát. To bude koordinovat pozici členských států EU v těch důvodech pro které drží oprávnění (výzkum a vývoj, politiku normalizování, trans-evropské sítě, jednotlivé evropské nebe). Na konci předminulého roku (2007), EUROCONTROL a Evropská komise podepsala memorandum zvětšit jejich koordinační činnosti v pěti oblastech spolupráce:

- implementace jednotného evropského nebe.
- výzkum a vývoj.
- globální družicové navigační systémy, včetně Galileo.
- sběr dat a analýza v oblasti letecké dopravy a ekologických otázek.
- mezinárodní spolupráce na poli letectví.



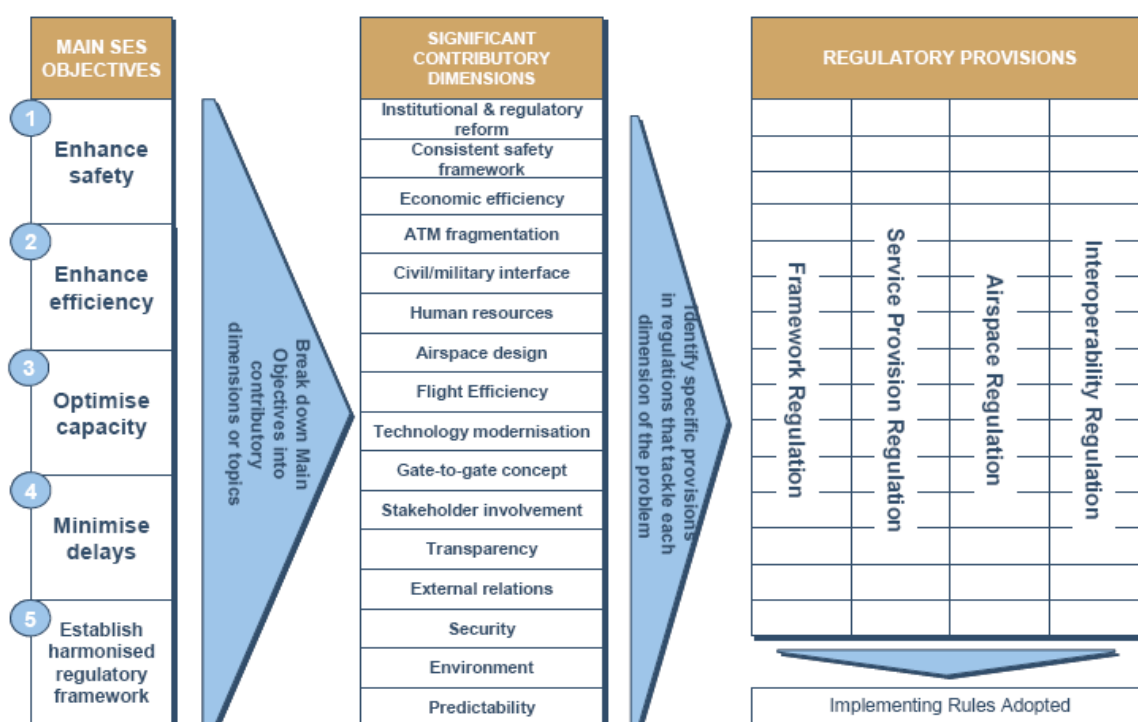
Obrázek 3-3: Jednotná Evropa – Jednotné nebe

Cíle

- Projekt evropské komise začal v letech 2001
- Spojení evropské dopravní politiky (evropskou dopravní sítí)
- Základní reforma vzdušného řídicího systému dopravy v Evropě
- Odpověď na požadavky přepravců a požadavky pasažérů

Principy

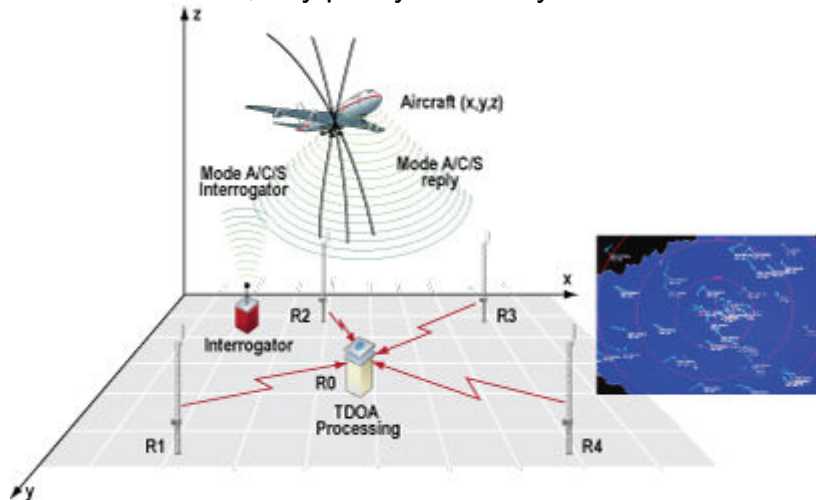
- Zvětšení evropské kapacity vzdušné prostoru a propustnosti pro všechny uživatele.
- Přeceňování bezpečí a kvalitních vzdušných služeb dopravy, minimální čas spoždění
- Integrovaný horní vzdušný prostor přes FL 285.
- Budující funkční bloky bez ohledu na státní hranice.



Obrázek 3-4: Evropská integrace ATM – aktuální situace jediného evropského nebe

3.5 Multilateration a ADS-B

Multilateration (MLAT) je proces lokalizující letadla založený na rozdílu času příletu (TDOA) z jeho signálu odpovídače do třech nebo více strategicky umístěných stanic přijímačů. Osvědčená technologie vyvinula dekády předtím pro armádu, MLAT využívá malé, bezobslužné pozemní stanice umístěné strategicky kolem letiště nebo terminálu k tomu, aby poskytoval stálý dohled nad vzdušnou dopravu.



Obrázek 3-5: Určování rozdílu času příletu (TDOA) letadla, odpovídač dává znamení 3 nebo více stanicím přijímače.

Stanice poslouchají jestli odpovídače vrátí "odpověď" na signály přenesené z místního sekundární přehledové radiolokátoru (SSR) nebo MLAT stanice. Protože letadla jsou lokalizovaná v jiných vzdálenostech od každé pozemní stanice, odpovědi jsou přijaté v nepatrných různých časech. Stanice pošlou data k centrálnímu procesoru kde důmyslné vyměřování a TDOA výpočty poskytují precizní pozici letadla.

Letečtí dispečery vidí MLAT cíle na jejich obrazovkách bezmála takové jako konvenční cíle. Nicméně, protože MLAT data jsou aktualizovaná každou sekundu, MLAT cíle se pohybují hladčeji a mají přesnější průběh. Naproti tomu, konvenční SSR se musí stále točit, takže poziční informace je aktualizovaná jednou za 4-12 sekund, které dávají radarovému cíli zdání, že skákájí napříč obrazovkou.

Samozřejmě, MLAT data mohou být zpomalena směrem dolů k bezproblémové sloučitelnosti s existující SSR informací.

MLAT nevyžaduje žádné další elektronické vybavení letadla. Monitoruje režim A, C a S odpovídače, stejně jako vojenské IFF a ADS - B odpovídače. MLAT je malý, bezobslužné senzorové stanice jsou přesnější a méně nákladné než tradiční SSR a mohou se setkat se širokým okruhem požadavků pokrytí a budoucích sledovacích potřeb.

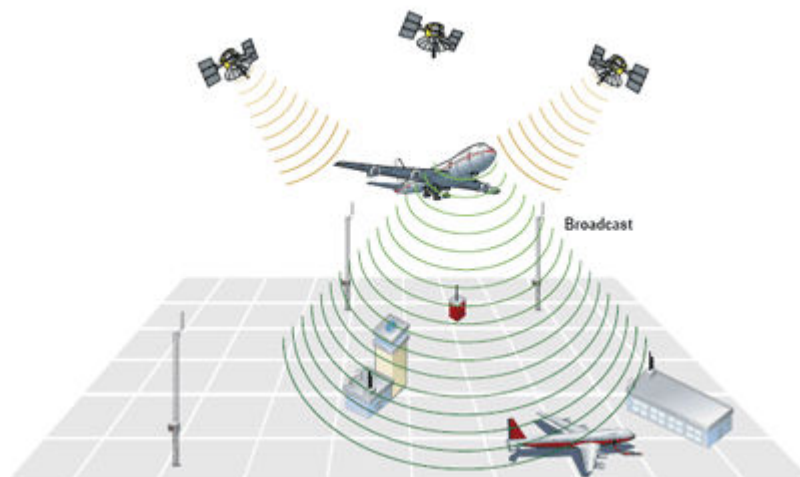
Výhody

- Významně nižší v ceně než tradiční radar
- Snadnější a méně drahá údržba a obsluha
- Zvětšený výkon který se setkává s mezinárodními standardy
- Umožňuje síťovou expanzi bez výměny základních přístrojových charakteristických rysů
- Rozšiřuje investici vzdušných poskytovatelů služeb navigace (ANSP) a umožňuje cenové sdílení skrz rozšířené přeshraniční pokrytí

- Redukuje environmentální dopad využívající malé stopy na existujících strukturách

ADS-B Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Technology

Automatický závislé sledovací vysílání (ADS-B) technologie je nezbytná pro vzdušnou dopravu příštích generací systémů řízení. To vytvoří větší kapacitu vzdušného prostoru, zvýšení bezpečnosti a poskytne základ pro kompatibilní celosvětový systém.



Obrázek 3-6: Satelitní informace poskytuje nadbytek leteckých informací

Na rozdíl od aktuálních sledovacích technik, které využívají pozemní radar, ADS - B vybavené letadla vysílají jejich pozice jednou za sekundu používající celosvětového umístění satelitní technologie. Data jsou přenesena pozemním přijímačům stejně jako jiné ADS-B vybavené letadlo přes rádio datové spoje. Letečtí dispečery a letadla ihned vidí informaci na jejich obrazovkách, které zahrnují leteckou identifikaci, nadmořskou výšku, rychlost, rychlosti a plánované cesty. Řídící může na oplátku aktualizovat počasí a jiná data letadlu.

Era senzory jsou vybavené k tomu, aby dekodovaly ADS-B signály podle veškerých platných standardů, včetně RTCA MOPS DO260 a DO260A, a podporují alternativní ADS-B přenosovou infrastrukturu jako 1090ES, UAT a VDL4. Všechny senzory jsou plně environmentální, vhodné pro vzdálené rozmístění a nízkou šířkou pásma pro spojení s centrálním serverem. Era může poskytovat kompletní ATM zobrazení a automatizační řešení založená na sledovacích datech nebo může vydávat informace v různých standardních formátech včetně Asterix Category 21 (ADS-B) a Asterix Category 48 (monoradar). Era může poskytnout ADS - B přijímače/dekódovače v přenosných konfiguracích tak, aby data mohla být stáhnuta do PC k žádostem o analýzu. Rozšířená implementace ADS - B není očekávána až do roku 2025 kvůli ceně vybavujícího letadla s leteckou elektrotechnikou potřebnou k tomu, aby přenášela a přijímala ADS - B data. Ačkoli krátkodobé náklady jsou vyšší, dlouhodobé náklady budou sníženy protože celosvětové vzdušné dopravní operace budou se stávat významně účinnější.

Výhody :

- Snadnější a méně nákladná údržba a obsluha
- Zvětšený výkon který se setkává s mezinárodními standardy
- Rozšiřuje investici ANSP a umožňuje cenové podílení se skrz rozšířené přeshraniční pokrytí

- Redukuje environmentální dopad využívající malé stopy na existujícím uspořádání

3.6 INS zařízení s laserovými gyroskopy

Inerciální navigační systém INS je v současné době jediný autonomní navigační systém. Jeho originalita spočívá v tom, že je absolutně nezávislý na pozemních navigačních systémech a tudíž jsou eliminována většina chyb spojená např. s odrazy radiových vln, magnetismem apod. Pro správný chod systému je zapotřebí pouze před letem přesně definovat místo vzletu, trať letu a místo přistání. Jelikož je tento systém založen na navigaci od referenčního bodu, jsou největší nároky kladeny na souřadnice místa, kde se letadlo nachází před vzletem. Rychlost letadla a poloha se určují od referenčního bodu pomocí měření zrychlení letadla vzhledem k zemi. Inerciální systém je založen na integraci akcelerace, z níž se vyhodnocuje rychlost a vzdálenost. Protože akcelerace je vektor, dává systém polohu dle os X a Y vůči počátečním souřadnicím. Systém též vyhodnocuje vzdálenost a směr k místu určení nebo traťovému bodu a odchylku od trati.

3.7 MLS

Poloha letadla vzhledem k RWY se na palubě letadla určuje na základě vyhodnocení signálů, vysílaných pozemními zařízeními. Úhlová informace pro kurz přiblížení, sestup, podrovnání a kurz odletu při nevydařeném přiblížení se určuje pomocí měření času mezi dvěma přechody kmitajícího listového laloku vysokofrekvenční energie přes palubní anténu. Vzdálenost se určuje pomocí měřiče vzdáleností DME. Zpracování vstupní informace MLS palubním počítačem umožňuje na palubě volit zakřivenou nebo lomenou trajektorii přiblížení na přistání nebo generovat informace pro automatické řízení přistání. Pracuje v pásmu 5031 – 5090 MHz a lze jej proto použít i v kopcovitém terénu. Nejsou obtíže s odrazy (vyzařování lze v nepříznivých směrech programově vypínat). MLS poskytuje 3D informace pro řízení přistání a dále také jasné indikace ON/OFF výstražných praporků LLZ a GP.

MLS je kompatibilní s LLZ a GP indikátorem, EFIS, AP a vybavením RNAV. Má použitelných 200 kanálů (celosvětově). Krytí v azimutu je $\pm 40^\circ$ a krytí GP je v rozmezí $0,9^\circ - 20^\circ$, dosah je cca 20 – 30 nm (min. 20 nm). Nemá zpětné vyzařování. Disponuje subsystémem navedení při přerušeném přistání ($\pm 20^\circ$ v azimutu, vertikálně až do 15°). ILS má zabudován systém DME.

MLS měl nahradit ILS, tj. odstranit jeho nedostatky a zvýšit pružnost využití principu radiového navádění při snížené viditelnosti. Jeho rozšíření je však dosud malé a MLS patrně zanikne.

V současnosti se zavádí ještě třetí přistávací systém a to na principu přesné GPS pozice letadla systém má název GLS (GPS Landing System). Jedná se o to, že jsou letadlu vysílána korekční data pro palubní GPS přijímač. Palubní počítač má tedy velmi přesnou informaci o poloze letadla vůči přistávací trajektorii a může tedy směr letu přesně korigovat.

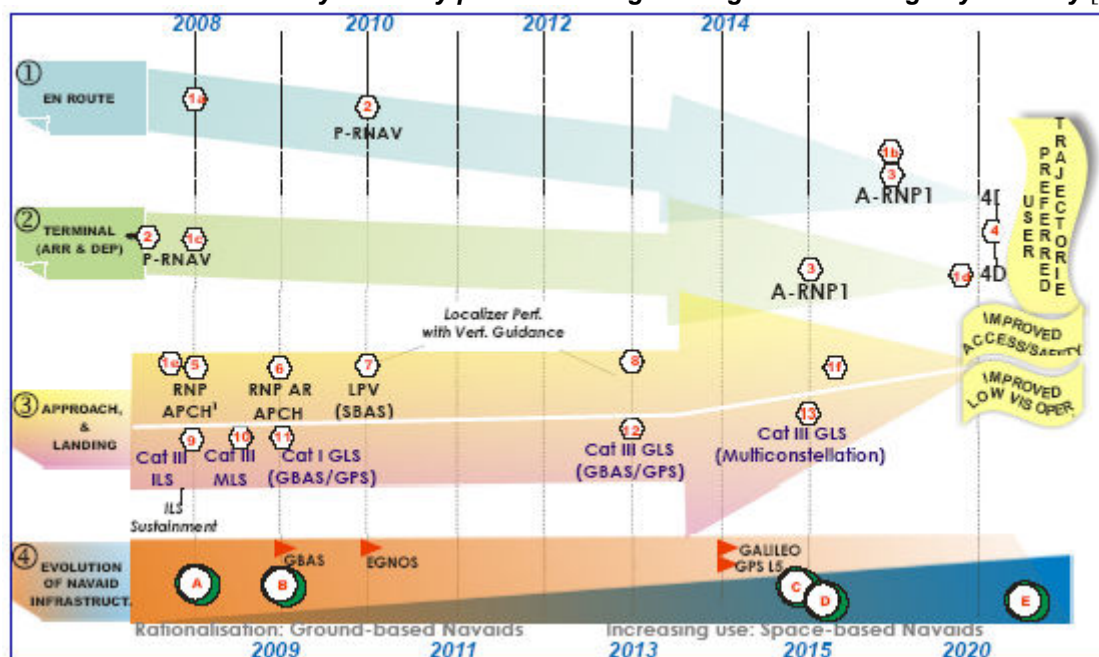
4. Nejpravděpodobnější směry a časové horizonty rozvoje metod navigace po trati letu

Podle ECAC:

4.1.1 STRATEGICKÉ KROKY NAVIGAČNÍ STRATEGIE

Navigační aplikace a navigační strategie infrastruktury je vytvořená z 18 strategických kroků: 13 z nich jsou příbuzné s aplikacemi navigace, zatímco zbývajících pět kroků se týká navigační infrastruktury. Tyto kroky jsou ilustrovány na obrázku 4-1.

Obrázek 4 - 1: Všeobecný směrový plán ze strategie navigace se strategickými kroky [15]



Poznámka: S výjimkou kroků 1b/1d/1f a kroky 2 & 3, všechny ostatní kroky jsou pro zkušební provoz.

Čtení tabulek 4.1.1 & 4.1.2 a 4.3 (následující stránky) [15]

Proud	Krok	w.e.f/ By	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
3	6	2008	Přesné přiblížení založeno na ILS Cat III Podpora: ILS

Strategický proud 3 = přiblížení & přistání	With From Datum počátečního provedení By i.e. Datum stažení způsobilosti.	Effect i.e.
Číslo Strategického kroku (odpovídá krokům v Obrázku 4-1)		

Vysvětlení strategického kroku

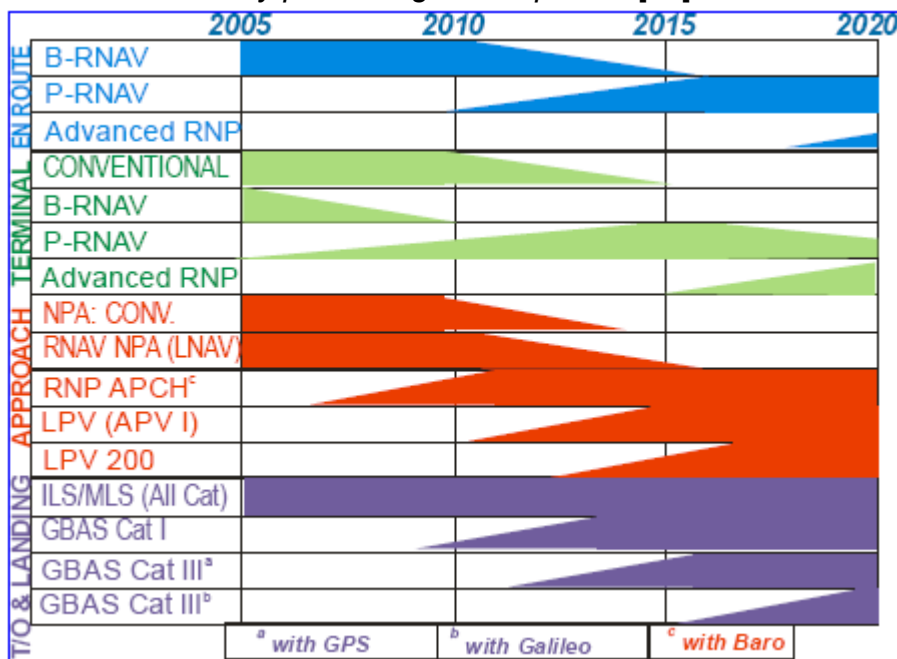
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku
1	1a	2008	Postupné vyloučení zbývajících tradičních traťů, nahrazených RNAV či RNP tratěmi <i>Podpora: RNAV 5; P-RNAV, A- RNP 1</i>
V existujícím B - RNAV prostředí v ECAC, zrušení konvenčních traťů a navigačních prostředků je nezbytné k navrácení způsobilosti pro letadla vybavené jediným RNAV systémem. V budoucnu, pokroková implementace P - RNAV a A - RNP1 provozů bude požadovat aby veškerá letadla nesla dvojité RNAV systémy. Konvenční navigační prostředky nebudou schopné uspokojit výkonové požadavky navigace. Následně konvenční traťová struktura bude postupně zrušena.			
Proud	Krok	By	Vysvětlení strategického kroku
1	1b	2017	Ukončení všech tradičních traťů <i>Podpora: P-RNAV, A- RNP 1 & zdvojené systémy; Krok A</i>
Když jsou všechna letadla vybavena dvojitými RNAV systémy a jsou v provozu v P-RNAV, nebo lepším prostředí, bude možné stáhnout všechny tradiční traťové uspořádání.			
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku
2	1c	2008	Postupné vyloučení tradičních příletových a odletových procedur, nahrazený RNAV či RNP procedurami. <i>Podpora: P-RNAV; S/Step A</i>
Podívejte se na odůvodnění ve strategickém kroku 1a nahoře			
Proud	Krok	By	Vysvětlení strategického kroku
2	1d	2020	Všechny tradiční přílety a odletové procedury přerušené <i>Podpora: A- RNP 1 & dual systems; RNP APCH/RNP AR APCH.</i>
Podívejte se na odůvodnění ve strategickém kroku 1b nahoře			
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku
3	1e	2008	Postupné vyloučení NPA, nahrazený RNP procedurami a APV <i>Podpora: RNP APCH/RNP AR APCH/LPV</i>
Podívejte se na odůvodnění ve strategickém kroku 1a nahoře			
Proud	Krok	By	Vysvětlení strategického kroku
3	1f	2016	Všechny NPA ukončena <i>Podpora: RNP APCH/RNP AR APCH/LPV & GPS (L1+L5) & GALILEO (a/nebo jiná souhvězdí která se stávají dostupná v stejných časových měřítkách)</i>
Podívejte se na odůvodnění ve strategickém kroku 1b, nahoře			
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku
1	2	2010	Použití přesného RNAV v terminálu a na cestě vzdušným prostorem pro ATS tratě, příletové a odletové procedury <i>Podpora: P-RNAV; DME/DME; INS/IRS; GPS, obsahující EGNOS po roce 2009</i>
2		2008	
P-RNAV bude podporovat zvětšení traťové struktury, na trať a v terminálovém vzdušném prostoru a umožní použití optimalizovaných trajektorií v určitých oblastech. To nabízí schopnost použití RNAV pro odlet, na trať a příletové fáze letu kromě konečného přiblížení a přerušeno přiblížení. V terminálovém vzdušném prostoru, P - RNAV dovoluje příletové a odletové tratě umístit do jisté míry které nejlépe uspokojí potřeby letiště, leteckých dispečerů a pilotů. Toto znamená často kratší, více			

přímá spojení s jednoduchými spojeními se na traťovou strukturu. Nicméně, ekologické otázky hrají hlavní roli příletových a odletových tratí, které mohou být navrženy pro nejlepší využití vzdušného dostupného prostoru a obléhat hustě obydlené prostory. Pečlivý design může také mít za následek přiměřeně oddělené příletové a odletové toky a tím snižování potřeby pro radarové navádění a pracovní náplň pro oba piloty a řidičí. P-RNAV také počítá s bližšími traťovými rozestupy na cestách.			
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
1	3	2018	Použití A - RNP 1 v terminálu a na cestě vzdušným prostorem pro ATS tratě, příletové a odletové procedury Podpora: A-RNP1; DME/DME; INS/IRS aktualizace; GPS, zahrnující EGNOS po roce 2009; Data Link (4Dlink)
2		2015	
<p>S úvodem A - RNP 1, výhody získané P - RNAV budou dalším rozšířením na palubě výkonovým monitorováním výkonu a varováním a více předpověditelného leteckého chování na trati a terminálovém vzdušném prostoru. A-RNP 1 umožní navrhovat těsně rozložené paralelní ATS tratě stejně jako odletové a příletové procedury včetně otočení (pevný poloměr otočení). V návrhu a výkonu procedur se bude počítat s více optimálním použitím vzdušného prostoru a zmírněním v environmentálních omezeních. Shodné použití palubních systémů zvětší letovou efektivitu v terminálovém a traťovém vzdušném prostoru (například kde jsou použity optimalizované trajektorie). Toto přispěje k bezpečnosti kvůli zvětšenému uvědomování si situace na letové palubě. A-RNP 1 bude podporovat zvětšení traťové struktury, traťový a terminálový vzdušný prostor, které jsou schopny poskytovat zvětšenou kapacitu vzdušného prostoru, provozní efektivitu a ekonomické výhody. 2015 ECAC Airspace koncept a strategie identifikovala požadavky pro jisté závislosti (začlenění v A - RNP 1 specifikaci) pro časové rozpětí do roku 2015. V souvislosti,byli určeny následující navigační závislosti:</p> <p>RF (poloměr do bodu) FRT (pevný přechod poloměrů) RNAV 3D management Paralelní posunutí</p> <p>Poznámka: přesná povaha provozního požadavku spojeného s touto funkcí potřebuje být dale definovaná tak že funkčnost může být přesně popisovaná.</p> <p>RTA (požadovaný čas příletu) pouze na traťovém režimu</p> <p>Poznámka 1: RTA funkčnost na trati je jeden způsob dosažení počítání do terminálového vzdušného prostoru</p> <p>Poznámka 2: RTA funkce může potřebovat zlepšení k tomu, aby dovolila provoz na cestovní fázi klesání letu. Toto bude počítat se zlepšeným předpověditelným profilem.</p> <p>Poznámka 3: Použití datového spoje pro výměnu 4D souvisejících informací (meteorologických dat, RTA atd) budou potřebovat být koordinovaný s vhodnými plány (například 4DLink).</p>			
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
1	4	2020+	Použití 4D provozů (4D kontrakt) Podpora: 4D RNP; AMAN; ATC SUPPORT TOOLS; Data link
2			
<p>Zatímco počáteční místní aplikace některých 4D funkcí navigace budou implementovány dříve, tento krok představuje širokou implementaci 4D navigačních použití trajektorie, jak jsou definovány v SESAR. Toto dovolí optimální integraci uživatelských preferovaných trajektorií do ATM systému, minimalizování nákladů na palivo při rostoucí plánované spolehlivosti dokonce ve vysoké hustotě okolní dopravy. Implementace tohoto kroku bude požadovat pokročilé sladěné schopnosti letecké elektrotechniky, integrované ATC pozemně podporující nástroje a datové spoje (povětrnostní data, čas a rychlostní řídicí parametry) . Při přesnosti měření aktuální polohy GNSS stačí na tyto operace, pokročilý GNSS (včetně časové synchronizace) je nejspíše požadovaný k tomu, aby dosáhl nezbytných bezpečnostních úrovní.</p>			

Proud	Krok	w.e.f	<i>Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury</i>
3	5	2008	Realizace RNP APCH s/bez Baro VNAV <i>Podpora: RNP APCH; GPS</i>
RNP APCH procedury bez vertikálního vedení jsou letěny k LNAV minimum. Cíl je vyměnit konvenční (Ne - přesné přiblížení) s postranně řízenými RNAV procedurami v první řadě založených na použití GPS. RNP APCH – s poskytnutým vertikálním vedením je svisle řízené přiblížení které může být letěno moderním letadlem s VNAV funkcí používáním barometrických vstupů. Největší Boeing a Airbus letadla již mají tuto způsobilost, to znamená že velká část flotily je již vybavená.			
Proud	Krok	w.e.f	<i>Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury</i>
3	6	2009	Realizace RNP AR APCH <i>Podpora: RNP AR APCH; GPS</i>
RNP AR přiblížení představily použití schopností jistého moderního letadla k tomu, aby poskytovalo lepší přístup k vzletové a přistávací dráze s terénem či environmentálními omezeními. Používají specifická odstranění překážkových kritérií a požadují specifické RNP schválení a letové ovládací hodnocení bezpečnosti (FOSA) pro realizaci.			
Proud	Krok	w.e.f	<i>Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury</i>
3	7	2010	Realizace dráhového majáku s vertikálním vedením (LPV) přiblížení používající SBAS <i>Podpora: LPV; GPS & EGNOS</i>
Zlepšený postranní a vertikální výkon rozšířených GNSS dovoluje LPV procedury k implementaci poskytující 3D vedení na geometrické postranní a svislé trati. LPV je procedura podporovaná SBAS systémy jako WAAS v US a EGNOS v Evropě k poskytování postranního a vertikálního vedení. LPV symbolizuje dráhový maják s vertikálním vedením. Postranní výkon je rovnocenný s ILS rádiovým majákem a vertikální vedení je poskytnutý proti geometrické trati v prostoru spíše než barometrické nadmořské výšce. LPV je specifického zájmu ke kategorii uživatelů s letadlem které nemělo důmyslnou VKV základní leteckou elektrotechniku která může vykonávat Baro/VNAV. LPV také poskytuje geometricky založené přibližovací profily. Toto má potenciál umožnit snížené výšky rozhodnutí ve srovnání s barometrickým VNAV kde výše rozhodnutí musí počítat s omezeními barometrických VNAV.			
Proud	Krok	w.e.f	<i>Vysvětlení strategického kroku</i>
3	8	2013	Realizace LPV procedur s minimy rovnocennými s ILS Cat-I <i>Podpora: LPV; GPS & EGNOS</i>
Zkušenost získaná s LPV provozu očekává, že dosažený výkon používání SBAS/GNSS může podporovat přiblížení s rovnocennými minimy poskytovanými dnes ILS Cat-I			
Proud	Krok	w.e.f	<i>Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury</i>
3	9	2008	Přesné přiblížení založeno na ILS Cat III <i>Podpora: ILS</i>
Tento krok zamýšlí udržet ILS provoz do takové doby až budou MLS/GBAS cenově příznivé k nahrazení ILS. Udržení je velmi omezené v rozsahu a omezené v pozemním systému kvůli potřebě slučitelnosti s nainstalovanými letadlovými ILS přijímači.			
Proud	Krok	w.e.f	<i>Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury</i>
3	10	2008	Přesné přiblížení založené na MLS Cat III <i>Podpora: MLS</i>

Tento krok podporuje realizaci MLS jako alternativního systému k ILS na podporu krátkodobých zlepšení výkonnosti provozů ve vzletové a přistávací dráze během nízkých viditelnosti.			
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
3	11	2009	CAT I GLS provozu používající GBAS Podpora: GBAS (GPS)
Tento krok má umožnit alternativní systém k ILS CAT I provozům založeným na místním rozšíření GNSS signálu (CAT I GBAS). Tento krok je prozatímní, ale požadované kroky směrem ke kroku 12 & 13. GBAS (Systém pozemních referenčních stanic) jako ICAO rozšíření satelitní navigace je dlouhodobý přesný systém sestupu podporující provozu za nepříznivých meteorologických podmínek, oba ICAO Air Navigation Conference a také SESAR, bude nabízet stejné výhody přes ILS stejně jak MLS, snížit instalační náklady a náklady údržby pozemní infrastruktury a zajistit optimalizaci nových provozních konceptů založených na GNSS.			
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
3	12	2013	CAT III GLS provozu s GBAS/GPS Podpora: GBAS (GPS)
Tento krok je logický důsledek z ICAO a SESAR orientace rychle se přiklánějící k GNSS založeným systémům pro všechny fáze letu. Jako nastoupení k dalšímu kroku 8 toto umožňuje použití GBAS pro CAT II/III provozu. Kvůli harmonogramům realizací pro GALILEO a GPS Aktualizační program, je plánované použít pouze GPS. To dovolí řídicím operovat pod špatnou dohledností a získá prospěch s GBAS.			
Proud	Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
3	13	2015	CAT III GLS provozu s Multi systémy Podpora: GBAS (GPS L5 / Galileo)
Tento krok je mnohostranný z GBAS schopnosti poskytující GLS CAT II/III provozu pro všechny automaticky přistávající letadla. To je založené na poskytování místní informační integrity pro signály z vícenásobných satelitních systémů na vícenásobných frekvencích. Toto je konečný krok proudy přiblížení týkajícího se přesných systémů sestupu. S GALILEO a zlepšený GPS v provozu, GBAS CAT II/III velmi podobný ILS se bude zvětšovat a jeho použití může být mnohostranné, jako automatické přistání letadla.			

obrázek 4- 2 - ECAC směrový plán navigačního použití [15]



Ve výše uvedeném obrázku, některé aplikace postupně mizí. Nezbytná nařízení pro vyloučení těchto aplikací budou potřebovat být podporovaná vhodnými obchodními a bezpečnostními případy.

4.1.2. Strategické kroky : Infrastruktury navigačních zařízení

Strategické kroky související s infrastrukturou navigačních zařízení reagují na požadavky pro implementaci strategických kroků souvisejících s navigačním použitím, nahoře.

Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
A	2008	Optimalizace DME pokrytí k tomu, aby se zlepšila kvalita služeb a podpora RNAV provozům <i>Podporování systémů: P-RNAV, A-RNP 1, DME</i>

Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
B	2009	Snižování nadbytku VORu/NDB <i>Podporování systémů: P-RNAV, RNP APCH, LPV; VOR, NDB, GNSS, radar/multilateration založený na přehledové službě; Krok 1a.</i>

Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
C	2015	Snižování množství VOR, NDB a zhospodárnění počtu a umístění DME <i>Podporování systémů: dual RNAV systémy (P-RNAV, A-RNP 1), RNP APCH, LPV; VOR, NDB, GNSS, radar/multilateration založený</i>

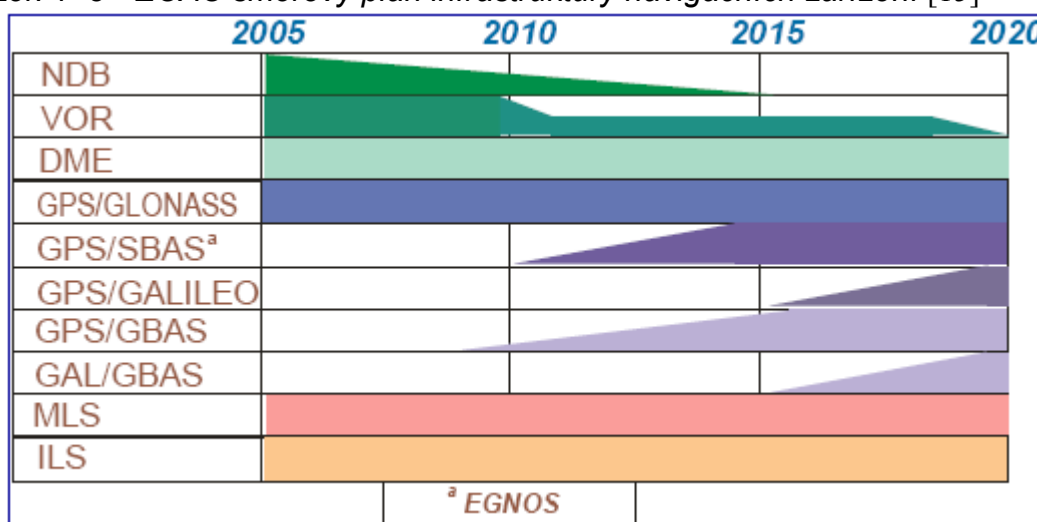
		<i>na přehledové službě</i>
--	--	-----------------------------

Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
D	2015	Očekávaný závazný provoz GNSS (GPS/Galileo) <i>Podporování systémů: GPS; Galileo; Dual RNAV; Obchodní využití pro A-RNP 1; Krok E;</i> <i>Závislý: ADS-B</i>
Nařízené provoz GNSS jsou potřebné k tomu aby umožnili realizaci A - RNP 1 (krok 3) a setkali se s požadavky vzdušného prostoru. To je čas určený na požadavky strategie vzdušného prostoru, ale bude potřebovat k dispozici Galileo k tomu, aby se vyvarovalo zbytečných výdajů pro operátory vybavených zpočátku GPS a později s Galileo.		

Krok	w.e.f	Vysvětlení strategického kroku Podporování systémů a navigačních prostředků infrastruktury
E	2020 +	Odstavení z provozu VOR a NDB <i>Nahrazeny: GBAS/Galileo/GPS L5 & Dual A-RNP 1</i>

Strategické kroky zobrazené ve šeoebecném směrovém plánu (podívejte se na obrázek 4-1) a detailním, přesně neodráží fáze uvnitř a vně jistých součástí navigačních zařízení infrastruktury. Tato realita je zobrazená ve směrovém plánu infrastruktury navigačních zařízení dole.

obrázek 4- 3 - ECAC směrový plán infrastruktury navigačních zařízení [15]



4.1.3 Kroky infrastruktury navigačních zařízení podporující navigační aplikace

Požadavky infrastruktury navigačních zařízení osloví oba RNAV provozu pro všechny fáze letu od odletů, finálního přiblížení, přesné přiblížení a přistání.

En route a TMA (Podporující strategické proudy 1 & 2)

a) 2008-2015

- Přechod k celkovému RNAV prostředí, definovaný v aplikačních proudech 1 a 2, bude požadovat zvýšení DME pokrytí (strategický krok A v tabulce 4.1.2), zvýšit

kvalitu služby pro traťové a terminálové provozy. Tím bude dosaženo převážně rozmístění dalších DME a v některých případech přemístění některých z existujících zařízení, jak to dovolí odstavení z provozu VOR. V oblastech přetížení rádiového spektra, DME optimalizace pokrytí může záviset na snížení VORu. DME nadbytek pokrytí může být rozšířený dostupností TACANS, a ovládaný aby splňoval ICAO SARPS požadavky. Většina letecké dopravy a obchodní flotily letectva je již vybavená DME založenými RNAV systémy, zatímco vybavení flotily s GNSS přijímači se neočekává, že bude dostačující k tomu, aby podporoval RNAV požadavky na trati a v terminálovém vzdušném prostoru před rokem 2015.

- Omezené snížení NDB a VORu se může uskutečnit (strategický krok B) kvůli progresivnímu zmenšení konvenčních tratí a procedur (strategický krok 1a a 1c), zatímco opuštění dostatečné páteře navigačních zařízení k pokračování s podporováním snižování ne-RNAV GAT traťové struktury v nižších letových hladinách, podporování zbývajících konvenčních SID, STAR, NPA a přerušeno přiblížení, a umožnit ATC přesměrovat letadla v případě individuálního RNAV selhání. Progresivní snížení tohoto typu navigačního zařízení zvýší ANSP cenovou efektivitu.
- Požadovaná způsobilost prostředí převážně bude záviset na místním provozním prostředí. Toto zahrnuje očekávanou dopravní hustotu, traťový rozestup a potenciál pro ATM a letecké systémy k poskytování podpory pro pokračující činnost všech letadel v případě GNSS výpadku.

b) 2015 - 2020

- Přejít k celkovému RNAV prostředí bude požadovat použití GNSS oslovující ty oblasti kde nemůže být dosaženo vhodného DME pokrytí, jako nízké letové hladiny v terénu omezených oblastech. Toto a posun směrem k zvětšenému použití GNSS pro operační výhody naznačuje potřebu nařídit GNSS vybavení ve všech letadlech (strategický krok D). Nařízení pro dopravu GNSS vybavení je ve shodě s celkovou strategickou souvislostí definovanou ICAO CNS/ATM konceptem, EUROCONTROL GNSS politikou a SESAR. Dvojitý RNAV s DME/DME a GNSS senzory bude požadovaný pro veškerou komerční vzdušnou dopravu, aby se setkala s operačními požadavky vzhledem k riziku ztráty navigační způsobilosti.
- GALILEO a rozšířený GPS se začne stávat dostupný v roce 2015 – 20 dovolující zvýšené spolehnutí na GNSS zdvojených konstalací, dvojí frekvence, vybavení je nainstalovaný v letadle a je vybudovaný na Galileo provozu.
- Zastaralé všeobecné letectví dovolí provozovat letadlo s jediným GNSS vybavením, ale očekává se že většina flotily bude postupně vybavena dvojitým vybavením. Pro letadlo kde DME založený RNAV není vybavený, nedostatek zálohování GNSS založený RNAV bude mít za následek potřebu pro alternativní otočení v případě GNSS selhání. ATC pracovní náplň a bezpečnostní požadavky budou mít pravděpodobně za následek potřebu udržení některých VORu. Nicméně, primární verze asi bude ATC přehled a reverzní režimy.
- Vojenské letectví očekává že bude schopné se setkat s pokročilými občanskými

požadavky navigace hlavně založené na GNSS. Taktický letoun s výsadečnými omezeními architektury bude muset být ovládaný přijímající rovnocenností vojenských charakteristik systému. Takové vojenské systémy by mohly zahrnout TACAN, GPS PPS, GALILEO PRS, s více režimy přijímače (MMR), inerční a vojenské systémy.

c) Po 2020

- V tomto časovém rozpětí, je očekávané, že budou multi satelitní systémy a multi frekvenční GNSS prostředí které bude poskytovat adekvátní úroveň GNSS a starat se o údržbu v rámci robustnosti a výkonu. Tyto GNSS rozšíření budou redukovat významně pravděpodobnost GNSS selhání a redukovat rozsah alternativního otáčení dovolující pro zmenšenou DME síť podporování požadavku zálohování. Existence celkového RNAV prostředí dovolí další odstranění VORu a NDB (strategický krok E), tak rostoucí ANSP cenovou efektivitu. V tomto časovém rozpětí je očekávané, významným procentem všeobecné flotily letectví, že bude mít dvojité vybavení (GNSS podporovaný inerčním systémem či DME/DME). Pro zbývajících letadla s jednotlivým vybavením (zastaralé všeobecné letectví, nižší způsobilost statního letadla), nedostatek RNAV zálohování bude mít za následek potřebu pro podporu otáčení, které může být ovládané ATC. Zřetel na dostupná zmírnění budou muset být adresovaná včetně sledovacího prostředí, ATC pracovní náplně, operace pod minimální radarovou nadmořskou výškou a požadavky ztráty komunikace. Pro státní letadla, schopnost vrácení se k TACAN a palubním zařízením, se očekává že budou poskytovat alternativní zálohování.

Přiblížení a přistání (podporující proud 3)

a) 2008-2015

- Letecké ILS vybavení je univerzální a největší letiště potřebující přístrojové přiblížení mají ILS pozemní vybavení. ILS zůstane základní zdroj vedení pro přiblížení a Cat I přistání v ECAC a bude stále podporovat všechny kategorie uživatelů vzdušného prostoru. Cat I GLS (GBAS/GPS) se bude stávat dostupná. ILS zůstanou jediné prostředky pro Cat II/III operace, nicméně směrem ke konci období v závislosti na výzkumu a vývoji vyplývá, že může být omezená dostupnost způsobilosti Cat II/III GLS (používání GPS/GBAS způsobilosti rozšířené palubními systémy) v ranějších s Cat II/III osvětlením. Toto by mohl zvýšit poměr růstu GBAS přistání jako záložní pro ILS obstarávající údržbu poruch systému.
- Postupné vyloučení NPA (obojí konvenční a RNAV) v souladu s rozhodnutími 36. ICAO Assembly který má být nahrazená přiblížením s vertikálním vedením (APV) buď založený na SBAS či Baro-VNAV. Bude očekávaný, že bude dokončený v době 2015-2020 s obstaráním APV všem IFR koncům vzletové a přistávací dráhy.
- Vzletové a přistávací dráhy v současnosti nevybavené přesným přiblížením a přistávacím systémem mohou považovat SBAS (například LPV 200) či CAT I GLS (GBAS/GPS) systémy s aktualizacemi letištního osvětlovacího systému jako potřebné. Některé CAT I ILS můžou být nahrazené SBAS APV či CAT I GLS. Obchodní případ pro takové změny budou záviset na povaze dopravy a

dostupnosti letadla s kvalifikovanými GNSS založenými přiblížovacími a přistávacími systémy.

- Podle potřeby a jednou dohodnutý ICAO, ILS upravený k tomu, aby překonal vícečetné problémy bude k dispozici pro udržování způsobilosti Cat II/III v některých koncích ranveje.
- Kde to obchodní podmínky dovolí může být udělaná například: zlepšená kapacita pro nízké viditelnostní procedury (LVP) či kde ILS modifikace nemohou překonat vícecestný MLS CAT III může být vybavené jako alternativa či nahrazení k ILS.

b) 2015-2020

- ILS zůstává základní zdroj vedení pro přiblížení a přistání v ECAC. Podle potřeby a jednou dohodnutý ICAO, ILS upravený k tomu, aby překonal vícečetné problémy bude k dispozici pro udržování způsobilosti Cat II/III v některých koncích ranveje.
- MLS, Cat I GLS a LPV 200 bude pokračovat v představování a vývoji kde se to bude požadovat.
- Cat II/III GLS (GBAS/Multi - satelitní dvojité frekvence) bude k dispozici. Se zvětšeným vybavením letišť s GBAS pozemními stanicemi a letadly s GLS způsobilostí, GLS procedury budou zvětšovat užívání.
- Zřetel na potřebu požadavků provozu RNP APCH/LPV systému přiblížení dovolí odstranění všech tradičních NPA procedur a odstavení z provozu spojených navigačních zařízení.
- RNP AR APCH bude mít rostoucí použití kde RNP provozy nemohou být podniknutý s RNP APCH procedurami.
- Podle potřeby a jednou dohodnutý ICAO, ILS upravený k tomu, aby překonal vícečetné problémy k udržení Cat II/III způsobilosti.

c) Po roce 2020

- ILS zůstává významným zdrojem vedení pro přiblížení a přistání. Podle potřeby, ILS bude upravený k překonání vícečetných problémů udržování způsobilosti Cat II/III.
- MLS, Cat I GLS a LPV 200 bude pokračovat v představování a vývoji kde se to bude požadovat.
- Zvětšené vybavení GLS letecké způsobilosti společně s obstaráním GLS GBAS procedury (Cat I/II/III) na více letištích. Toto bude doprovázený odstavením z provozu ILS CAT I systémů. ILS Cat II/III bude udržovaný k poskytování zálohování GLS k oslovení GLS dostupnosti (úmyslné přetížení a sluneční činnosti).
- Požadavek pro RNP APCH/LPV/GBAS pro RNAV přiblížení jestliže ILS není dostupné.
- Zvětšené vybavení letadla s kombinovaným GPS/GALILEO/SBAS příjmem bude vést k úvodu LPV procedur na větším počtu konců vzletových a přistávacích drah.
- RNP AR APCH bude stále mít rostoucí použití kde RNP provozy nemohou být podniknutý s RNP APCH procedurami.

5 . ZÁVĚR

V letectví je navigace založená na pozemních rádiových systémech skládajících se z pozemních radiomajáků a různých palubních zařízení podle typu navigace. Většina takto využívaných systémů jsou už ale zastaralé a s rostoucím vytížením vzdušného prostoru a s nutností současného zvyšování bezpečnosti tyto systémy už nestačují a jsou určitým omezujícím faktorem bránícím v růstu letecké přepravy, z toho plyne potřeba neustále zdokonalovat navigační systémy.

Navigace založená na GNSS systémech (přesněji pouze na GPS) je již dlouho doplňkovým nástrojem. GNSS navigace je již dnes využívána jako doplňující služba pro všechny fáze letu jak v rekreačním létání, tak v obchodní letecké dopravě.

Mezinárodní organizace pro civilní letectví (International Civil Aviation Organization, ICAO) definovala požadavky nutné k tomu, aby bylo možno letadlo navigovat v určitých letových fázích. Řídicímu letového provozu se dává možnost volby specifického zařízení pro splnění těchto požadavků.

Analytici předvídají růst letecké dopravy až do roku 2025 s potřebou více než 17 300 nových letadel pro osobní a nákladní přepravu. Odhaduje se, že objem osobní letecké dopravy se ztrojnásobí. Nákladní letecká doprava má růst ještě větší rychlostí. Polohová přesnost a integrita nabízená připravovaným systémem Galileo umožní větší využití stávajících letišť, která se nyní nevyužívají při nepříznivém počasí a špatné viditelnosti.

Systém Galileo a systém EGNOS bude pilotům výrazně pomáhat za všech povětrnostních podmínek ve všech fázích letu, od pohybu po letištní ploše, startování, běžnou letovou fází až po přistávání. Díky dostupnosti signálů GPS i Galileo (tedy většímu až přebytkovému počtu družic) bude zajištěna vysoká stabilita navigační služby.

Vyšší integrita a přesnost systému Galileo umožní zmenšení horizontálních i vertikálních minim vzdálenosti mezi letadly v přetížených oblastech, a pomůže tak v blízké budoucnosti k řešení problémů spojených s rostoucím objemem leteckého provozu. Letecká doprava se celosvětově v posledních letech meziročně zvyšuje o 4 procenta. Tento trend povede ke zdvojnásobení počtu letů během dvaceti let. V důsledku toho vznikne několik přetížených uzlů v rámci letecké dopravní sítě. V krátkém časovém horizontu je proto nezbytné kapacitu dopravní sítě zvýšit, k čemuž budou zapotřebí polohové systémy, které budou přesnější a spolehlivější než současné a zajistí vysokou míru bezpečnosti a výkonnosti. Zde by se opět mohl uplatnit systém Galileo, který společně se současnou radiovou navigační sítí uspokojí budoucí potřeby letecké přepravy.

Hlavním požadavkem operátorů je vykonávat jejich práci za jakéhokoli počasí, a to hlavně během fází letu, jako je start a přistávání letadla. Systém Galileo, spolu s pozemními lokálními subsystémy, splní kritéria pro zařazení mezi přesné přistávací systémy dané leteckými standardy. Bude tak moci nahradit anebo doplňovat letištní navigační systémy v oblastech, kde jsou tyto systémy nepostačující. Například některá letiště nejsou vybavena přístrojovými přistávacími systémy (Instrument Landing Systems). Galileo zvýší celkovou bezpečnost letecké dopravy a napomůže lepšímu plánování letů a hledání leteckých koridorů. Pomůže rovněž zvýšit kapacitu přistávacích drah tím, že se zkrátí čas mezi přistáváním jednotlivých letadel. Tím se ušetří palivo, zkrátí doba letu a omezí se hluk v okolí letiště.

Směr, poloha, rychlost a časová informace jsou nutné údaje, které potřebují řídicí letového provozu pro nepřetržité sledování a řízení letadel. V některých oblastech

chybí příslušná pozemní infrastruktura, včetně záložních komunikačních linek a radarů. Například v blízkosti Kanárských ostrovů je pouze přerušované komunikační spojení a radarová služba je omezena a bez záložních systémů. Standardní vysílání navigačních dat (získaných od systému Galileo) z paluby letadla bude součástí vyspělých systémů, které zvýší bezpečnost řízení letového provozu.



Obrázek 5-1: Zařízení systému pro navedení letadla na přistání nazývaný MLS (Microwave Landing System, MLS). MLS měl nahradit dřívější systém ILS (Instrument Landing System), avšak díky nástupu GNSS pravděpodobně k jeho plošnému rozšíření již nedojde.

Příklad GNSS aplikace v oblasti komerčního letectví:

Dceřiná společnost Park Air Systems korporace Northrop Grumman Corporation vyvinula a zprovoznila pozemní součásti vůbec prvního certifikovaného systému pro přesné navádění a přistávání letadel, který funguje na bázi GNSS. Systém byl nainstalován na letišti Broenneoysund v Norsku. Prvním letem, který nový přistávací systém využil, byl charter společnosti Avinor z Trondheimu do Broenneoysund. Úspěšné navedení a přistání proběhlo v průběhu října 2007 a strojem, který toto navádění využil, bylo letadlo typu Wideroe Dash 8.

Nejen při pohybu letadla ve vzduchu a při jeho startu a přistávání je potřeba asistence řízení letového provozu, ale také při pohybu po letištní ploše je nutné sledování a řízení polohy letadla s vysokou přesností. Většinou na letištích existuje pozemní radarový systém, ale někdy je poloha při rolování letadla hlášena přímo pilotem a samotné letadlo je řízeno jen za pomoci vizuální kontroly. Nicméně během této údajně „bezpečné“ fáze pohybu letadla již došlo k vážným nehodám. Systém Galileo – společně se svými lokálními elementy a komunikačními kanály – znatelně zvýší bezpečnost těchto operací.

GNSS systémy jsou a v blízké době budou ještě více využívány pro různé další letecké aktivity, jako například létání s ultralehkými stroji, balóny a malými letadly. Integrace polohových informací společně s používáním komunikačních kanálů nabízí širokou škálu aplikací.

V budoucnosti se předpokládá především u větších dopravních letadel vývoj systémů FMS sdružujícím více systémů prostorové navigace zajišťující přesné vyhodnocení polohy a automatické mapové výstupy ze systému na MFD tak, aby byla zřejmá navigace v prostoru, vůči letové trase a v kombinaci s výstupy protisrážkových systémů i pohyb ostatních letadel. U malých letadel se předpokládá využití systémů GPS, dosud povinně v kombinaci se záložními systémy VOR/DME.

6. Seznam použité odborné literatury:

- [1] PŘIBYL, Karel; KEVICKÝ, Dušan: Letecká navigace, Praha, Nakladatelství dopravy a spojů, 1980, 412s.
- [2] VOSECKÝ, Slavomír a kol.: Základy leteckých navigačních zařízení, Brno, Vojenská akademie, 1988, 750s.
- [3] KULČÁK, Ludvík a kol.: Air Traffic Management, Brno, Akademické nakladatelství CERM, 2002, 314s. ISBN 80-7204-229-7.
- [4] KAYTON, Myron; FRIED, Walter: Avionics Navigation Systems, John Wiley & Sons, Inc, London, 1997, 773s. ISBN 0-471-54795-6.
- [5] SOLDÁN, Vladimír, ing.: Postupy pro lety podle přístrojů, Praha, Řízení letového provozu ČR, s.p. Letecká informační služba, 2000, 166s.
- [6] KOMISE EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ: Sdělení komise radě, evropskému parlamentu, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů, Jednotné evropské nebe II: k udržitelnějšímu a výkonnějšímu letectví v Evropě., Brusel, 2008-06-25, 13s.,
- [7] GROTZ, Martin, Ing., GROTZ, Karel, PARYZEK, Michal: Učebnice pilota, Cheb, Nakladatelství letecké literatury SVĚT KŘÍDEL, 2003, 613s. ISBN-80-85280-89-2.
- [8] VĚK, Vratislav, Ing., CSc, CELERINOVÁ, Jana, Ing., Letadlové systémy, Praha, Vydavatelství ČVUT, 2002, 206s., ISBN 80-01-02501-2.
- [9] VINAŘ, Marek, Ing., Provozní postupy, Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů – ATPL(A) dle předpisu JAR-FCL 1 (část 070), Brno, Akademické nakladatelství CERM,s.r.o., 2002, 131s., ISBN 80-7204-241-6
- [10] JALOVECKÝ, Martin, a kol., Obecná navigace, Radionavigace, Praha, Vydavatelství ČVUT, 2001, 174s.
- [11] Doporučení ICAO
 ANNEX 10 – Radionavigační zařízení, 12/1998
 ANNEX 11 – Letové provozní služby, 4/1998
 ANNEX 4444 – Postupy letových navigačních služeb, uspořádání letového Provozu,
 ANNEX 8168 – Provoz letadel – letové postupy
- [12] NAVIGATION – Area Navigation Equipment Operational Requirement and Functional Requirements, Edition 2.2.1998
- [13] SURVEYING OF NAVIGATION FACILITIES (WGS-84), Edition 1.0.1997
- [14] EUROCONTROL, The 2015 Airspace Concept and Strategy for the ECAC Area and Key Enablers (Ed. 2.0, 2008)
- [15] EUROCONTROL, NAVIGATION APPLICATION NAVAID INFRASTRUCTURE STRATEGY FOR THE ECAC AREA UP TO 2020 (Ed. 2.0, 2008)

- [16] ICAO Doc 9854
- [17] Free route airspace concept *EUROCONTROL* © 2002
- [18] ATM Strategy for the Years 2000+ Volume 1,2 *EUROCONTROL* © 2003
- [19] ECAC Navigation Strategy and Implementation Plan, version 6, 2006

Použité internetové zdroje:

- [20] <http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aplikace/letectvi>
- [21] http://www.cheltonflightsystems.com/Prod_cert_fea_highway.html
- [22] www.eurocontrol.int
- [23] www.ecacnav.com
- [24] www.ecac-ceac.org
- [25] www.rlp.cz
- [26] www.icao.int
- [27] www.sra.com/era/ads-b.php
- [28] Langley, R.B.: The integrity of GPS world, June 1999
www.gpsworld.com/0699/0699innov.html

Seznam obrázků:

- Obrázek 1-1: <http://www.kowoma.de/en/gps/positioning.htm>
- Obrázek 1-2: <http://www.kowoma.de/en/gps/positioning.htm>
- Obrázek 1-3: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ursa_Major_constellation_map.png
- Obrázek 1-4: http://www.czechspace.cz/cs/system/files?file=beidou-bd_1.jpg
- Obrázek 1-5: http://www.czechspace.cz/cs/system/files?file=beidou-bd_3.gif
- Obrázek 2-1: [15]
- Obrázek 3-1: FAA – NextGen Implementation plan 2009
http://www.faa.gov/about/initiatives/nextgen/media/NGIP_0130.pdf
- Obrázek 3-5: <http://www.sra.com/era/multilateration.php>
- Obrázek 3-6: <http://www.sra.com/era/ads-b.php>
- Obrázek 5-1: <http://en.wikipedia.org/wiki/index.html?curid=4246252>

7. Seznam použitých zkratk

Seznam zkratk česky:

ABAS	Letecký založený systém rozšíření
ADF	Automatiký zaměřovač
ADS-B	Automatizovaný závislý Dohled – Vysílaný
AEA	Asociace evropských aerolinek
AIC	Letecký oběžník
AIP	Letecká informační příručka
AMAN	Přiletový manager
ANC (ICAO)	Letecká konference o navigaci
ANSO-TF	Vzdušný prostor a strategie navigace a orientace taktického uskupení
ANSP	Vzdušný poskytovatel služeb navigace
ANT (EUROCONTROL)	Management vzdušného prostoru a týmu navigace
APV	Přibližovací procedura s vertikálním vedením
ARN ATS	Traťová síť

A-RNP1	Rozšířený RNP1
ASM	Management vzdušného prostoru
ATC	Řízení letového provozu
ATZ	Okrsek letiště
ATM	Organizace letového provozu
ATS	Letové provozní služby
B-RNAV	Základní RNAV
CBA	Analýza cenových výhod
CONOPS	Koncept operace
CDA	Souvislý sestup přiblížení
CDR	Podmíněná trať
CDFA	Souběžné klesání finálního přiblížení
CFIT	Řízený let do terénu
CNS	Komunikace, Navigace, Sledování
CTA	Řízená oblast
CTR	Dispečerský oksek
DMAN	Manažer odletu
DME	Měřič vzdálenosti
DMEAN	Dynamický management evropské sítě vzdušného prostoru
DGNSS	Diferenční GNSS
ERA	Evropské oblastní sdružení leteckých společností
EASA	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
EC	Evropská komise
ECAC	Evropská konference o civilním letectví
ECIP	Evropská konvergence a plán implementace
EU	Evropská unie
EUROCAE	Evropská organizace pro vybavení civilního letectví
EUROCONTROL	Evropská organizace pro bezpečnost leteckého provozu
FMS	Letový kontrolní systém
FOC	Plná provozní způsobilost
FOSA	Letové hodnocení provozní bezpečnosti
FPL	Letový plán
FRT	Pevný přechod poloměrů
GAT	Všeobecný (celkový) letový provoz (podle ICAO)
GBAS	Systém pozemních referenčních stanic
GLONASS	Globální družicový navigační systém (Ruská federace)
GLS GNSS	Přistávací systém GNSS
GNSS	Globální navigační družicový systém
GPS	Globální polohový systém
HAZID	Identifikace rizik
IACA	Mezinárodní sdružení leteckých přepraveců
IAOPA	Mezinárodní Rada z vlastníků letounu a sdružení pilotů
IAP	Postupy pro přiblížení podle přístrojů
IATA	Mezinárodní organizace sdružující rozhodující část leteckých společností
ICAO	Mezinárodní organizace civilního letectví
IFR	Pravidla pro lety podle přístrojů
ILS	Systém přesných přibližovacích majáků
INS	Inerční navigační systém
IOC	Počáteční operační schopnosti
IP	Balík implementace
IRS	Inerciální referenční systém
IRU	Inerciální referenční jednotka
LCIP	Plán místní konvergence a implementace
LNAV	Postranní navigace
LORAN C	Radionavigační systém na velké vzdálenosti-typ C

LPV	Výkon rádiového majáku s vertikálním vedením
LVC	Podmínky za nízké viditelnosti
LVP	Procedury za nízké viditelnosti
MLS	Mikrovlnný přistávací systém
NATO	Organizace Severoatlantické smlouvy
NAVAID	Navigační prostředek
NAVSTAR	Navigační systém užívající čas a vzdálenost
NDB	Nesměrový radiomaják
NPA	Nepřesné přiblížení
NSE	Navigační systémová chyba
OAT	Provozní letecká doprava
PA	Přesné přiblížení
PANS-OPS (ICAO)	Postupy pro letecké služby – Aircraft Operations
PCA	Koordinace dřívějšího vzdušného prostoru
PBN	Výkonově založená navigace
P-RNAV	Přesné RNAV
PSR	Primární přehledový radar
RAIM	Monitorovací přijímač nezávislé integrity
RCA	Zmenšená koordinace vzdušného prostoru
RF	Poloměr k bodu
RNAV	Prostorová navigace
RNP	Požadovaná navigační výkonnost
RNP APCH	RNP přiblížení
RNP AR APCH	RNP přiblížení s požadavkem povolení
RTA	Požadovaný čas příletu
RTCA	Rádio technická komise na letectví
RVSM	Zmenšené vertikální minimální rozestupy
R&D	Výzkum a vývoj
SARPS (ICAO)	Standardy a praktická doporučení
SBAS	Systém satelitního pozemního monitorování
SCG	Porada investora seskupení
SESAR	Výzkum v oblasti ATM pro jednotné evropské nebe
SID	Standardní přístrojový odlet
SSR	Sekundární přehledový radar
STAR	Standardní příletové trať
TACAN	Taktická letecká navigace
TAS	Terminálový systém vzdušného prostoru
TMA	Terminálová řízená oblast
TPINS	Plán pro přechod implementace strategie navigace
TRA	Dočasně vyhrazená oblast
TSA	Dočasně vyhrazený prostor
UAS	Bezobslužné letecké systémy
VFR	Pravidla pro let za viditelnosti
VLJ	Velmi lehká proudová letadla
VNAV	Vertikální navigace
VOR	VKV všesměrový maják
xLS	Nějaký (x) z několika PA Panding systémů např. GLS, ILS, MLS
3D	3 dimenzionální (postranní, podélný a vertikální)
4D	4 dimenzionální (postranní, podélný, vertikální a čas)

Seznam zkratek anglicky:

ABAS	Aircraft-Based Augmentation System
ADF	Automatic Direction Finder
ADS-B	Automated Dependent Surveillance-Broadcast
AEA	Association of European Airlines
AIC	Aeronautical Information Circular
AIP	Aeronautical Information Publication
AMAN	Arrival Manager
ANC (ICAO)	Air Navigation Conference
ANSO-TF	Airspace and Navigation Strategies Orientation Task Force
ANSP	Air Navigation Service Provider
ANT (EUROCONTROL)	Airspace Management and Navigation Team
APV	Approach Procedure with Vertical guidance
ARN ATS	Route Network
A-RNP1	Advanced RNP1
ASM	Airspace Management
ATC	Air Traffic Control
ATZ	Aerodrome Traffic Zone
ATM	Air Traffic Management
ATS	Air Traffic Services
B-RNAV	Basic RNAV
CBA	Cost Benefit Analysis
CONOPS	Concept of Operations
CDA	Continuous Descent Approach
CDR	Conditional Route
CDFA	Continuous Descent Final Approach
CFIT	Controlled Flight Into Terrain
CNS	Communications, Navigation, Surveillance
CTA	Control Area
CTR	Control Zone
DMAN	Departure Manager
DME	Distance Measuring Equipment
DMEAN	Dynamic Management of European Airspace Network
DGNSS	Differentiation Global Navigation Satellite System
ERA	European Region Airline Association
EASA	European Aviation Safety Agency
EC	European Commission
ECAC	European Civil Aviation Conference
ECIP	European Convergence and Implementation Plan
EU	European Union
EUROCAE	European Organization for Civil Aviation Equipment
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation
FMS	Flight Management System
FOC	Full Operational Capability
FOSA	Flight Operational Safety Assessment
FPL	Flight Plan
FRT	Fixed Radius Transition
GAT	General Air Traffic
GBAS	Ground-based Augmentation System
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GLS GNSS	Landing System GNSS Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System

HAZID	Hazard Identification
IACA	International Air Carriers association
IAOPA	International Council of Aircraft Owner and Pilot Association
IAP	Instrument Approach Procedure(s)
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organisation
IFR	Instrument Flight Rules
ILS	Instrument Landing System
INS	Inertial Navigation System
IOC	Initial Operational Capability
IP	Implementation Package
IRS	Inertial Reference System
IRU	Inertial Reference Unit
LCIP	Local Convergence and Implementation Plan
LNAV	Lateral Navigation
LORAN C	Long Range Air Navigation
LPV	Localizer Performance with Vertical guidance
LVC	Low Visibility Conditions
LVP	Low Visibility Procedures
MLS	Microwave Landing System
NATO	North Atlantic Treaty Organisation
NAVAID(s)	Navigation Aid(s)
NAVSTAR	Navigation Positioning Using Time and range
NDB	Non Directional Beacon
NPA	Non Precision Approach
NSE	Navigation System Error
OAT	Operational Air Traffic
PA	Precision Approach
PANS-OPS (ICAO)	Procedures for Air Navigation – Aircraft Operations
PCA	Prior Coordination Airspace
PBN	Performance Based Navigation
P-RNAV	Precision RNAV
PSR	Primary Surveillance Radar
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RCA	Reduced Coordination Airspace
RF	Radius to Fix
RNAV	Area Navigation
RNP	Required Navigation Performance
RNP APCH	RNP Approach
RNP AR APCH	RNP Approach with Authorisation Required
RTA	Required Time of Arrival
RTCA	Radio Technical Commission on Aeronautics
RVSM	Reduced Vertical Separation Minimum
R&D	Research and Development
SARPS (ICAO)	Standards and Recommended Practices
SBAS	Satellite-based Augmentation System
SCG	Stakeholder Consultation Group
SESAR	Single European Sky ATM Research and Development Programme
SID	Standard Instrument Departure
SSR	Secondary Surveillance Radar
STAR	Standard Arrival Route
TACAN	TACTical Air Navigation
TAS	Terminal Airspace System
TMA	Terminal Control Area
TPINS	Transition Plan for the Implementation of the Navigation Strategy

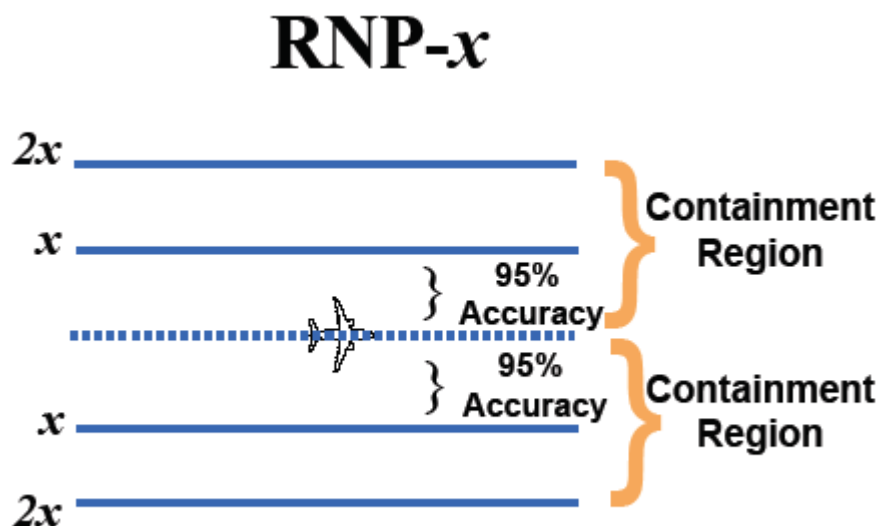
TRA	Temporary Restricted Area
TSA	Temporary Segregated Area
UAS	Unmanned Aerial Systems
VFR	Visual Flight Rules
VLJ	Very Light Jets
VNAV	Vertical Navigation
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Radio Range
xLS	Any (x) of several PA Panding Systems e.g. GLS, ILS, MLS
3D	3 dimensions (lateral, longitudinal and vertical)
4D	4 dimensions (lateral, longitudinal vertical and time)

Definice:

RNP kontrola

RNP-x je letová cesta (s přesností x nebo lepší, 95% v čase)

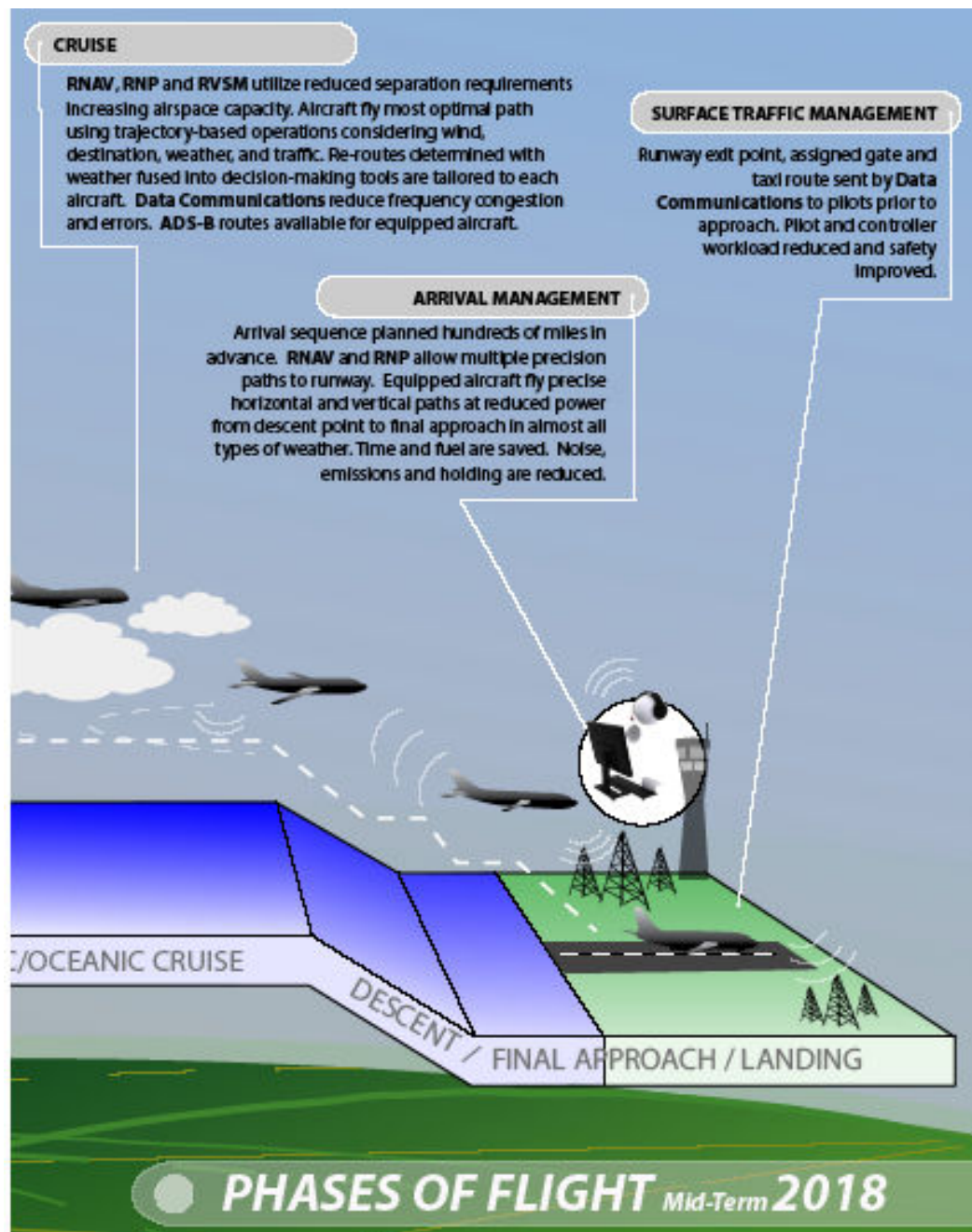
RNP kontrolní oblast je prostor $2x$ RNP – x s přesností, integritou a souvislým vytvářením pravděpodobnosti že letadlo je uvnitř této oblasti kontroly v 99.999% čase.



Příloha A



Obrázek 3-1 Struktura profilu letu a využití navigačních systémů.



Obrázek 3-1 Struktura profilu letu a využití navigačních systémů.